الجغرافيا الفلكية

أنور عبد الغني العقاد



الجغرافيا الفلكية

أنور عبد الغني العقاد

الأستاذ بجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية

١٤٠٣هـ - ١٩٨٣م

الناشر



الرياض - المملكة العربية السعودية

صفحة

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدّمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد النبي الأميُّ وعلى آله وصحبه أجمعين.

وبعد، فلقد كان الفضل الأكبر في إعداد مادة هذا الكتاب لقسم الجغرافيا في كلية العلوم الاجتماعية بجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، الذي كلّفني بتدريسها، مما دفعني إلى جَمْع المادة التي تضمنها هذا الكتاب من أحدث المصادر وحتى من المجلات العلمية، ثم تنسيقها وتبويبها ليسهل تناولها على الطَّلَبة، طالما أن ما كتب بالعربية في العصر الحاضر، وفي هذا المجال قليل، بل ونادر. كما أن معظم هذا النادر مجتزىء يلحق عادة بتدريس مادة الجغرافيا الطبيعية.

ولقد بذلت أقصى الجهد ليخرج هذا الكتاب على نحو أعتقد أنه لم يسبق في الكتب العربية الحديثة التي تناولت الجغرافيا الفلكية، فحاولت ما أمكن التمييز بين ما هو من علم الفلك وبين ما هو من اهتمامات الجغرافيا. لذلك فقد اقتصرت، إلى حد بعيد، على عرض المعلومات الفلكية الضرورية التي رأيت أن لا بد منها لدارس الجغرافيا الفلكية دون كثير من التفصيل والتعقيد، وذلك لأن هدفي الرئيسي هو تمكين القارىء ـ مهما كانت صفته العلمية ـ من فهم الأسس الطبيعية التي تكمن وراء مختلف الظاهرات المشاهدَة أو المحسوسة.

وعلى هذا الأساس، فإن هذا الكتاب ليس موجهاً بالضرورة إلى المختصين بعلم الفلك أو إلى طلبة هذا العلم، كما أنه ليس موجهاً لعلماء

الجغرافيا، على الرغم من أنه يمكن أن يُعَدّ مدخلاً مبسطاً للراغب في الاطلاع على هذا العلم.

فإن كنت قد وُفِّقتُ إلى سد حاجة طلابي والمكتبة العربية في هذا الحقل، الذي هو في الحق حقل هام من حقول الدراسة الجغرافية، فذلك ما عملت له وحرصت على بلوغه، وإن كنت قد قَصَّرت في شيء أو أخطأت، فحسبي أني أفرغت الوسع وبذلت غاية الجهد ــ راجياً ممن وجد خطأ فيه إرشادي إليه.

وختاماً: لا بد لي من أن أشكر الزميل الأستاذ د. عبدالعزيز طريح شرف، والأستاذ الزميل محمود شاكر، على ملاحظاتهما القيِّمة والعَناء الذي سبَّبته لهما في قراءة النص وتصحيح وتصويب الكثير مما كان يحتاج إلى تصويب فيه.

والعصمة لله وحده والكمال له تعالى دون سواه.

وآخر دعوانا أن الحمد لله ربِّ العالمين.

الرياض: ١٥ جمادى الأولى ١٤٠٢ هـ.
الموافق ١٠ آذار ١٩٨٢ م.

تمهيد

علم الفلك وتطور المعرفة الجغرافية الفلكية

حاول الإنسان، منذ أن وجد على الأرض، تفسير العلاقة المتبادلة بين كوكب الأرض الذي يعيش عليه، وبين الشمس التي تمد الأرض بحرارتها وضوئها وتبعث الحياة على سطحها. فاعتقد، لفترة، بعَظَمة الشمس وقدرتها، ولكنه ما لبث أن أخذ يتفكر في خالق أعظم منها يسيرها كما يسير غيرها من المخلوقات في هذا الكون الفسيح.

وقد مرّت مرحلة طويلة من الزمن بلا شك قبل أن يتوصل الإنسان إلى تفسير العلاقة بين الأرض والشمس والقمر، وكذلك العلاقة بين الأرض والكواكب والنجوم الأخرى. كذلك فقد حاول التوصل إلى معرفة الزمن الذي نشأ فيه كوكب الأرض، أي عمر الأرض التقريبي، كما حاول تفسير الظواهر التي شاهدها على سطح هذا الكوكب من جبال وسهول وبحار وأنهار وبحيرات.

ومن أقدم ما وصل إلينا من تفاسير وفرضيات ما جاء عن الفراعنة، الذين أسهم العلماء في أيامهم بدراسة علم الفلك ووضع أُسسه العامة، وبذلوا محاولات جدِّية لرصد النجوم والقمر، وتتبع حركاتها، وتحديد الأزمنة والفترات التي تظهر خلالها، ومواقعها المختلفة... وعنهم أخذ الأشوريون الكثير من المعلومات وزادوا عليها.

وقد جرت محاولات أخرى لتفسير نشأة الكون، كمحاولات رجال الدين الهندوسي في كتابهم «المانوسيمتري» الذي تم جمع نصوصه في القرن الثامن قبل

المجرة، ومحاولات رجال الدين النصارى. ولكن كلتا المحاولتين قصّرت عن أن تعطي تفسيراً كاملاً لهذه النشأة[1].

وقام فلاسفة من الإغريق بمحاولة لتفسير نشأة «كوكب الأرض»، والنظام الدقيق الذي تتبعه بقية الكواكب والنجوم في حركتها في هذا الفضاء الفسيح. وأهم هؤلاء الفلاسفة نجد: فيثاغورث، وطاليس، وأرسطو... أما أفلاطون، كبير هؤلاء ومعلمهم، فقد عزا نشأة الأرض وبقية كواكب المجموعة الشمسية إلى أثر عوامل طبيعية، وأنها نشأت عن الصدفة وحدها وأنها ستنتهي بصدفة أيضاً. فكل شيء، في زعمه، نشأ من العدم وانه سينتهي إلى العدم أيضاً... وقد أوضح ذلك في قوله «بأن الشمس والقمر والنجوم والجمادات التي لا روح فيها، تتحرك بواسطة القوى المركّزة فيها بحسب ما بينها من تآلف وتضاد، وبالصدفة وحدها».

أما (أرسطو)[2] فقد اعتقد بأن هذا الكون الشاسع، لا بد وأن يكون قد نشأ أصلاً من «مادة ما» كانت موجودة من قبل، لأنه كما يرى «لا يمكن حدوث وجود من عدم»، فكل موجود محدث، أي أنه لا بد وأن يكون حادثاً من موجود قبله، وقد أضاف (أرسطو) بأن الأرض كروية الشكل وأنها مركز جميع الكون، لذلك كانت الكواكب السيارة، وكذلك النجوم تدور حول الأرض بشكل حلقي.

ومع ظهور الإسلام وتفسيره الشامل والمقنع لنشأة الكون، ظهر علماء فلكيون تميزوا بالبحث والتمحيص ونقد ما جاء به القدماء وتقديم البديل، وكان

---

(١) وبالطبع فإن هذا كان عكس القرآن الكريم الذي أشار في مواضع عديدة منه إلى نشأة هذا الكون وقدرة الخالق العظيم. أنظر، على سبيل المثال لا الحصر، سورة الأنبياء: الآيات (١٦ ـ ٣٠ ـ ٣١ ـ ٣٢ ـ ٣٣ ـ ٨٦ ـ ١٠٤)؛ سورة ابراهيم: الآيات (١٠ ـ ١٨ ـ ٣١ ـ ٣٢)؛ سورة النازعات: الآيات (من ٢٧ إلى ٣٢)؛ سورة فاطر: الآيات (١ ـ ٩ ـ ١٣ ـ ٢٧ ـ ٤١)؛ سورة الرعد: الآيات (٢ ـ ٣ ـ ١٢ ـ ١٣)؛ سورة يس: الآيات (من ٣٧ إلى ٤٠)

(٢) أرسطو: كتاب المجسطي.

ذلك كله بسبب عقيدتهم التي كانت حافزاً لهم على البحث العلمي[٣]، لذلك فلم يملوا قط التجريب (Experimentation)، في أي يوم من الأيام.

وقد طوّر علماء الفلك المسلمين[٤] معارف الإغريق البدائية، وتجاوزوا الإطار المادي البحت الذي حدّ أفق الإغريق إلى إطار إسلامي شامل لا متناهي، يتمثل في مخلوقات الله، في صنعته، في النجوم والسموات، في الأرض وطبيعتها.

وقد شمل هذا لإطار المكان والزمان معاً، وليس المكان فقط كما عند الإغريق.

ولهذا كان الكون عند المسلمين مظهراً حياً، وبالتالي متغيراً، لإبداعية الله، لا بد من دراسته والتعمّق في فهمه.

ومن أهم هؤلاء العلماء الفلكيين: الخوارزمي (١٦٤ ــ ٢٣٦ هـ/ ٧٨٠ ــ ٨٥٠ م)، الذي وضع نظرية «الخاصات(*) ــ Anomalies» القمرية، ثم البتاني (٢٤٠ هـ/٨٥٤م)، الذي صحّح نظريات الخوارزمي عن الخاصات وعن الخسوف والكسوف وعن ميل دائرة أو فلك البروج (L'Inclination de l'Ecliptique).

وفي القرن الرابع الهجري (العاشر الميلادي) ظهر أبو الوفا البوزنجاني، الذي دفع مكتشفات (البتاني) خطوات كبيرة إلى الأمام، والبيروني الذي قال بإمكانية دوران الأرض حول الشمس.

---

(٣) يراجع باب العلم في «صحيح البخاري».

(٤) اشتهر محمد بن موسى الخوارزمي، ويحيى أبي منصور، ومسند بن علي، وأبو معشر، وابن الشاطر في بحوثهم في الجغرافية الفلكية.

(٥) الخاصات: تعني البعد الزاوي لكوكب من الكواكب عند أقرب نقطة في فلكه إلى الشمس كما يرى من الشمس.

ومن مآثر المسلمين في علم الفلك، والتي استفاد منها علم الفلك الحديث:

١ ـ نقلهم الكتب الفلكية القديمة وتصحيحهم لبعض أخطائها والتوسعة فيها.

٢ ـ تجريد علم الفلك من التنجيم وجعله علمًا رياضياً مبنياً على الرصد والحساب.

٣ ـ القول بكروية الأرض وبدورانها، وهذا ما دعا كريستوف كولومبس إلى التفكير بإمكانية الوصول إلى الهند عن طريق الاتجاه غرباً. ويؤكد قولهم بكروية الأرض نموذج الكرة الفضية التي صنعها الجغرافي المسلم الإدريسي ولا تزال محفوظة حتى اليوم في متحف برلين.

٤ ـ أوجدوا بصورة عملية طول درجة من خط نصف النهار (الهاجرة) وقاموا بعملية تقدير حجم الأرض وحدودها ومحيطها وقطرها، كما عرفوا أن الأرض أصغر من الشمس بدرجة كبيرة.

٥ ـ أول من عرف أصول الرسم على سطح الكرة.

٦ ـ حسبوا ميل فلك البروج على فلك معدل النهار (حسبه البتاني فوجده ٢٣° درجة و ٣٥′ دقيقة وظهر حديثاً أنه أصاب في رصده بفارق دقيقة واحدة).

٧ ـ رصدوا الإعتدالين الربيعي والخريفي.

٨ ـ كتبوا عن الكلف الشمسي وعرفوه قبل الأوروبيين.

٩ ـ حسب البتاني طول السنة الشمسية وتوصّل إلى نتائج صحيحة، والفرق بين ما توصل إليه وما أقرّه علماء العصر الحاضر هو دقيقتان و ٢٢ ثانية.

١٠ ـ وضعوا جداول دقيقة لبعض النجوم الثوابت، فقد وضع عبد الرحمن الصوفي مؤلّفاً فيها وعمل لها الخرائط المصوّرة. جمع فيها أكثر من ألف نجم ورسمها كوكبات في صورة الإنسان والحيوان (القرن الرابع للهجرة) ـ كتاب «الصور».

١١ ـ تركوا بحوثاً هامة عن الكسوف والخسوف وعن تسارع القمر في حركته خلال قرن من الزمان[٦].

١٢ ـ وضعوا أسماء ٥٠ ٪ من النجوم المعروفة اليوم في العالم، ولا تزال تستعمل أسماؤها العربية. . .

١٣ ـ سبقوا (كبلر) و (كوبرنيكوس) في اكتشاف حركات الكواكب السيارة، وعرفوا أن مداراتها على شكل بيضوي، (اهليلجي).

وأسدى المسلمون أيضاً خدمات جُلّى لما يمكن أن يدعى بعلم الفلك «العملي» وفي حقل الأدوات الفلكية إذ استخدموا وسائل أفضل بكثير مما استخدمه من قبلهم.

وأنشأوا المراصد العديدة، ويقال أن الأمويين كانوا أول من أنشأ مرصداً بدمشق (ولعله مرصد سبينه ـ جنوب دمشق ـ التي لا تزال بقاياه قائمة حتى الآن)، كما أنشأ المأمون مرصدين: أحدهما في قاسيون بدمشق، والآخر في الشماسية ببغداد. كذلك بنى أولاد شاكر مرصداً في بغداد على نفقتهم الخاصة وفيه استخرجوا حساب العرض الأكبر من عروض القمر.

كما أنشأ الفاطميون مرصداً على جبل المقطم في مصر (المرصد الحاكمي).

وأنشأ نصر الدين الطوسي (عام ٦٥٧ هـ/ ١٢٥٨ م) مرصد مراغة في آسيا الصغرى جمع فيه جماعة من كبار العلماء (أيام هولاكو).

وقد امتدت المراصد في طول البلاد الإسلامية وعرضها، كمرصد ابن الشاطر في دمشق، ومرصد الدينوري بأصبهان، ومرصد البيروني بسمرقند، ومرصد البتاني في أنطاكية.

---

(٦) انظر: حسن منلا عثمان: كتاب المؤتمر العلمي العربي الأول، جامعة الدول العربية لعام ١٣٧٤ هـ/١٩٥٤ م: جهود العرب في الفلك، ص ١٩٦ إلى ٢٢٠.

وفي هذه المراصد استعمل العرب كثيراً من آلات الرصد المعروفة، حتى زمانهم. كما اخترعوا وحسنوا ما كانوا يعرفون منها، حتى أنهم ألفوا فيها الكتب[٧] ومن أشهرها «الاسطرلاب» و «اللبنة» و «ذات الحلق»، و «ذات الشعبتين» و «ذات السمت والارتفاع» و «ذات الأوتاد» و «عصا الطوسي» و«الربع التام» و«الرقاص»[٨].

وفي هذه المراصد أيضاً وضع المسلمون عدداً من الأزياج، وهي جداول فلكية معينة يعرف منها حركة كل الكواكب في أي وقت من الأوقات[٩].

وخلال ما يدعى بالعصور الوسطى، أي الفترة التي كان فيها العلم الإسلامي في أوجه، كانت أوروبا حتى بداية القرن العاشر للهجرة تعيش في ظل التفكير الكنسي الذي اعتنق أفكار الإغريق وأفكار بعض العلماء النصارى، والقائلة بأنه لما كانت الأرض هي المكان الوحيد الملائم لعيش الإنسان، لذا فإن كوكب الأرض يتوسط كواكب المجموعة الشمسية. وكانوا يعتقدون أن القمر أحد تلك الكواكب.

وقد عرفت النظرية القائلة بتوسط الأرض بين مجموعة الكواكب الشمسية باسم نظرية (مركزية الأرض) (Théorie Géocentrique)، ويطلق عليها أحياناً اسم (نظرية بطليموس) عن الكون، ظناً من العلماء بأنه هو واضع أساس هذه النظرية، ولو يغلب أن يكون هو أرسطو.

وبعد إطلاع الغرب وعلمائه على العلم الإسلامي عن طريق جامعات ودور العلم في الأندلس والذي ثبت ارتياد الكثيرين منهم لها، بدأ يطرأ تطور

---

(٧) الآلات العجمية: لأبي الفتح المنصور الخازني.

(٨) اعترف الأوروبيون أن ذات السمت والارتفاع وذات الأوتاد وعصا الطوسي والربع التام والرقاص من اختراع المسلمين.

(٩) أنظر: أنور العقاد، دور العرب المسلمين في الفلك والجغرافيا. مجلة كلية العلوم الاجتماعية، الرياض، العدد (٤) ـ (١٤٠٠هـ / ١٩٧٩م)، ص ١٠٨ ـ ١١٦.

تدريجي على علم الفلك في البلاد الأوروبية انطلاقاً من المعارف الإسلامية . . .

وهكذا بدأت أفكار **(فيلاكوس كوبرنيكوس)** في نهاية القرن التاسع وبداية القرن العاشر الهجري (٨٧٨ ــ ٩٥٠ هـ/ ١٤٧٣ ــ ١٥٤٣ م) بالانتشار، حيث أكد ما سبق أن توصّل إليه المسلمون من أن الشمس هي نجم أعظم وأنها أكبر أفراد مجموعتها الشمسية. وقد استدل على ذلك بإمكانية رؤيتها بالعين المجردة رغم بعدها عن الأرض. وقد أكد ما سبق أن نوّه إليه القرآن الكريم بأن جميع أفراد المجموعة الشمسية تدور حول الشمس في مدارات خاصة دائرية. وكان العرب المسلمون قد سبقوه إلى ذلك، بل قالوا بأنها ذات شكل بيضوي **(اهليلجي)، وهو ما توصّل إليه علماء الغرب فيما بعد.**

وقد عرفت النظرية التي ادعاها (كوبرنيكوس) باسم نظرية (مركزية الشمس) (Théorie Heliocentrique)، وقد أورد ما توصل إليه في كتابه المعروف والمكتوب باللاتينية باسم «دورة الفلك».

وجاء بعده السنظري الألماني **(كبلر)** (٩٧٩ ــ ١٠٤٠ هـ/ ١٥٧١ ــ ١٦٣٠ م)، فعدّل نظرية (كوبرنيكوس)، مضيفا إليها ما سبق وتوصل إليه المسلمون، وهو أن مدارات الكواكب حول الشمس ذات شكل بيضوي اهليلجي (أنظر الفقرة ١٣ من مآثر الفلكيين المسلمين التي سبق ذكرها). كما أكد بأن حركة الشمس اليومية بين الشروق والغروب ليست إلا حركة ظاهرية تنجم عن حركة الأرض اليومية.

واتسعت معرفة الإنسان في مجال الفلك بعد أن اخترع **(غاليليو)** الإيطالي (٩٧٢ ــ ١٠٥٢ هـ/ ١٥٦٤ ــ ١٦٤٢ م) منظاراً فلكياً مقرباً عام (١٠١٨ هـ/ ١٦٠٩ م)، وأمكن لغاليليو أن يؤكد أفكار (كوبرنيكوس) بصورة عملية، وبنتيجة رصده للفلك توصل إلى أن القمر تابع للأرض وليس كوكباً مثلها . . . وأن كوكب الزهرة كوكب معتم، يشع نتيجة لأشعة الشمس عليه.

وأن الكواكب متحركة وليست ثابتة . . وأن الشمس تدور حول نفسها . . . بعد أن قام برصد «الكلف الشمسي»[١٠].

كما قال بأن الشمس والكواكب كلها تدور من الغرب إلى الشرق[١١]. واكتشف كذلك أربعة أقمار رئيسية تحيط بالمشتري تشابه القمر الأرضي.

ومع نظرية (نيوتن) (١٠٥٣ ــ ١١٤٠ هـ/ ١٦٤٣ ــ ١٧٢٧ م)، خطت علوم الفلك خطوة سريعة وكبيرة إلى أمام، وبخاصة قانونه الشهير عن الجاذبية بين الأجسام، إذ قال: «بأن الأجسام المختلفة تتجاذب فيما بينها تبعاً لكتلتها والمسافة أو البعد الفاصل بينهما» وأوضح في أن عملية التجاذب هذه هي التي تنظم[١٢] سير الكواكب والأقمار والنجوم في الفضاء الخارجي. أما قوة هذا الجذب فتتوقف على حاصل ضرب كتلة الجسمين مقسوماً على مربع المسافة بينهما، أي : $\frac{ك_1 \times ك_2}{ف}$

أي :(ك١ كتلة الجسم الأول،ك٢ كتلة الجسم الثاني،ف = مربع البعد بينهما).

وبهذا فسّر (نيوتن) سبب وقوع كل جزء من أفراد المجموعة الشمسية في مدار خاص له حول الشمس قلّما يتغير لثبات الكتلة وقوة التجاذب.

ومع بداية القرن الثاني عشر للهجرة، بدأ علم الفلك وعلم الجيولوجيا يتخذان شكل العلم، وتحررت دراساتها من المؤثرات الكنسية، واعتمدت على المناهج العلمية التجريبية، ثم أدلت علوم أخرى بدلوها: كالرياضيات، والطبيعة، وعلم البحار، وعلم تشكل أشكال الأرض (جيومورفولوجيا)، والكيمياء؛ في محاولات تفسير نشأة كوكب الأرض وتطور الملامح (التضاريس) على سطحه.

---

(١٠) ﴿والقمر قدرناه منازل حتى عاد كالعرجون القديم، لا الشمس ينبغي لها أن تدرك القمر ولا الليل سابق النهار وكل في فلك يسبحون﴾،(الآية ٣٨، ٣٩، من سورة يس).

ويبدو أن كل ما في هذا الكون من أجرام إنما يدور في هذا الفضاء على نسق معين دقيق.

(١١) ﴿والشمس تجري لمستقر لها ذلك تقدير العزيز العليم﴾ (الآية ٣٨، من سورة يس).

(١٢) والحقيقة هي التي (تفسر) لأن المنظم هو الله جلّ وعلا.

الباب الأول

المجموعة الشمسية

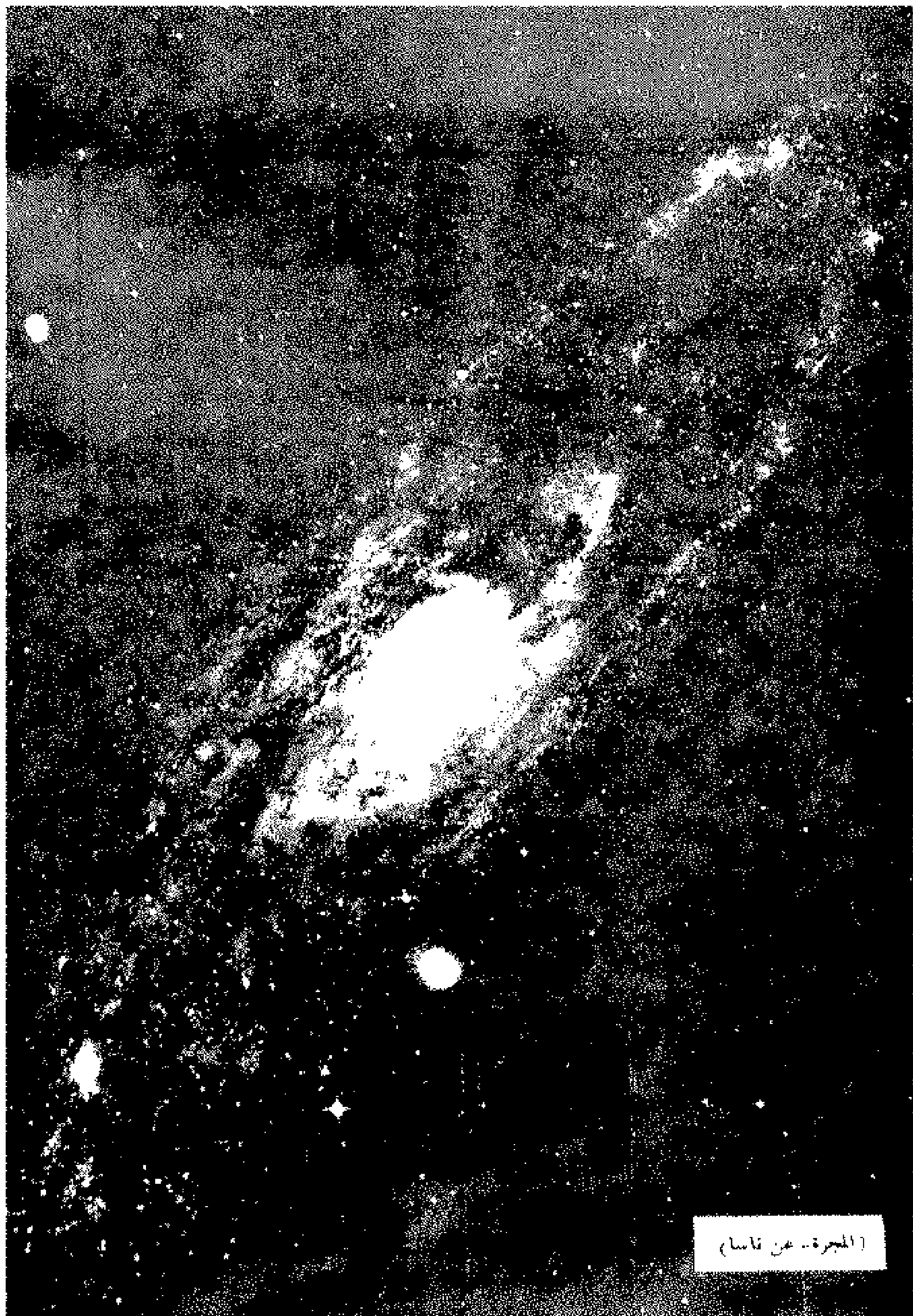
الفصل الأول: المجموعة الشمسية وموقعها من المجرة.

الفصل الثاني: الفرضيات الكبرى لنشأة المجموعة الشمسية.

- نظرية كانت (Kant).
- نظرية لابلاس (Laplace).
- نظرية مولتن وتشمبرلن.
- نظرية جينز وجيفرز.
- النظريات الحديثة عن نشأة المجموعة الشمسية.
- خاتمة.

الفصل الثالث: الشمس.

- تمهيد.
- الشمس:
  - ١ ــ أشعة غير مرئية.
  - ٢ ــ أشعة مرئية.
  - ٣ ــ أشعة فوق البنفسجية.
- ملاحظات حول الشمس:
  - ١ ــ الشروق والغروب.
  - ٢ ــ خط الزوال.
  - ٣ ــ البقع الشمسية.
  - ٤ ــ الكسوف الكلي للشمس.



(المجرة ـ عن ناسا)

الفصل الأول

المجموعة الشمسية وموقعها من المجرة

تتألف المجموعة الشمسية من الشمس وتسع سيارات تدعى الكواكب تدور حول الشمس التي تقع في مركز تلك المدارات تقريباً. حيث تمدها الشمس بضوئها وحرارتها، فنراها ليلاً مضيئة كالنجوم، ولكنها في الحقيقة تدور جميعها في الفضاء القريب منا. وهي، بعكس الشمس، أجسام باردة غير متوهجة.

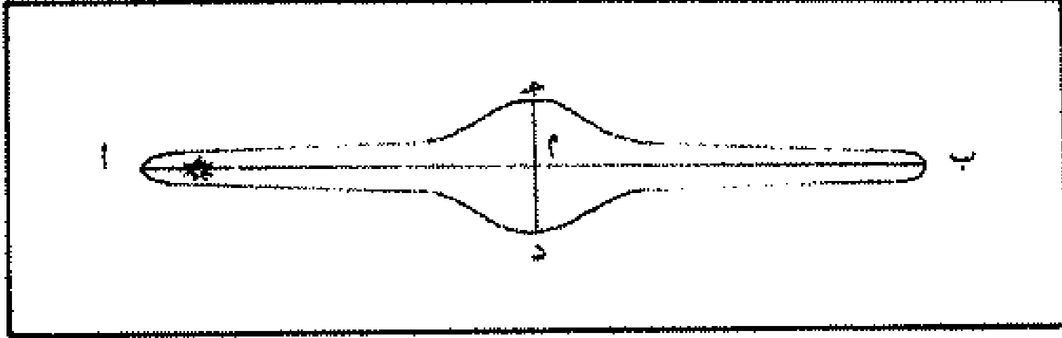
أما الشمس فنجم من ملايين النجوم التي تملأ الفضاء الرحب والتي لا نرى أثناء النهار منها غير الشمس، بسبب ضوئها وشدة إشعاعها وقربها النسبي منا. بينما تملأ هذه النجوم السماء في الليل كالمصابيح الملتمعة، يغيب نورها مع شروق الشمس.

وتقوم الشمس ـ بتقدير الحكيم الخبير ـ بجذب الأرض، وأخواتها الكواكب الأخرى باتجاهها، مما يجعل هذه الكواكب تسبح في أفلاك خاصة محددة لا تخرج عنها: ﴿وكلٌ في فلك يسبحون﴾... الآية.

وتحتل الشمس والكواكب السيارة التسع ركناً قصياً من أركان مجرة واسعة، تضم بالإضافة إليها مجموعات النجوم القريبة منا نسبيا. وشكل هذه المجرة أشبه بحبة (العدس)، رقيقة الأطراف منتفخة الوسط، ويقدر قطر هذه العدسة عشرة أمثال متوسط انتفاخها أو ارتفاعها.

وتقع الشمس وما حولها من كواكب وتوابع (أقمار) قرب أحد الأطراف

الرقيقة من هذه المجرة، أي في جزء يقدر بسدس طول قطرها الكبير.



الشكل رقم (١)
المجموعة الشمسية وموقعها من المجرة

ويقدر علماء الفلك أن الضوء يحتاج لينتقل من النقطة (أ) إلى نقطة (ب)، أي من طرف قطر المجرة الكبير إلى الطرف الآخر، إلى حوالي (١٠٠,٠٠٠) مليون سنة ضوئية[١٣]. أي أن المسافة من (أ) إلى (ب) تساوي (١٠)^{١٨} كم أو مليون مكريون (١٨ صفر) كم. . . كما يقدرون أن المسافة من النقطة (د) إلى النقطة (ج) تساوي (١٠)^{١٧} كم، بمعنى أن القطر الكبير لهذه المجرة أكبر من قطرها الصغير بما يعادل (١٠)^{١٨} كم ـ (١٠)^{١٧} كم. (انظر الشكل رقم ١).

ويقدر العلماء أن مجرتنا، التي تتألف من مائة ألف شمس كشمسنا، والتي دعاها العرب بطريق (التبان) تدور كلها حول مركز المجرة، وتسير مسرعة في اتجاه نجم الصليب الشمالي. ويقدرون كذلك بعد مركز المجرة عن الأرض بمقدار (٣٠) مليون سنة ضوئية . وأن مجرتنا ليست إلاّ واحدة من ملايين المجرات التي تبعد عن مجرتنا ملايين السنوات الضوئية.

هذا، وقد لاحظ علماء الفلك منذ القديم أن الكواكب القريبة من الشمس تسبح في أفلاكها بسرعات أكبر من سرعات الكواكب البعيدة عنها.

---

(١٣) السنة الضوئية تساوي (٩,٦ مليون مليون كم).

وقد علّلوا هذا الاختلاف في السرعة بقوة جذب الشمس للكواكب القريبة منها وبضعف جذبها للكواكب البعيدة عنها. وفسروا ارتباط الكواكب بأفلاكها (مساراتها) حول الشمس بقانون (الجاذبية العامة)، حيث أن جاذبية الشمس العظيمة لكتل هذه الكواكب، لا تسمح لها بالهروب من مواقعها بالنسبة للشمس، ولذلك فهي تكرر دورتها حول الشمس في تعاقب مستمر منتظم.

وكواكب المجموعة الشمسية، بحسب بعدها عن الشمس، هي:

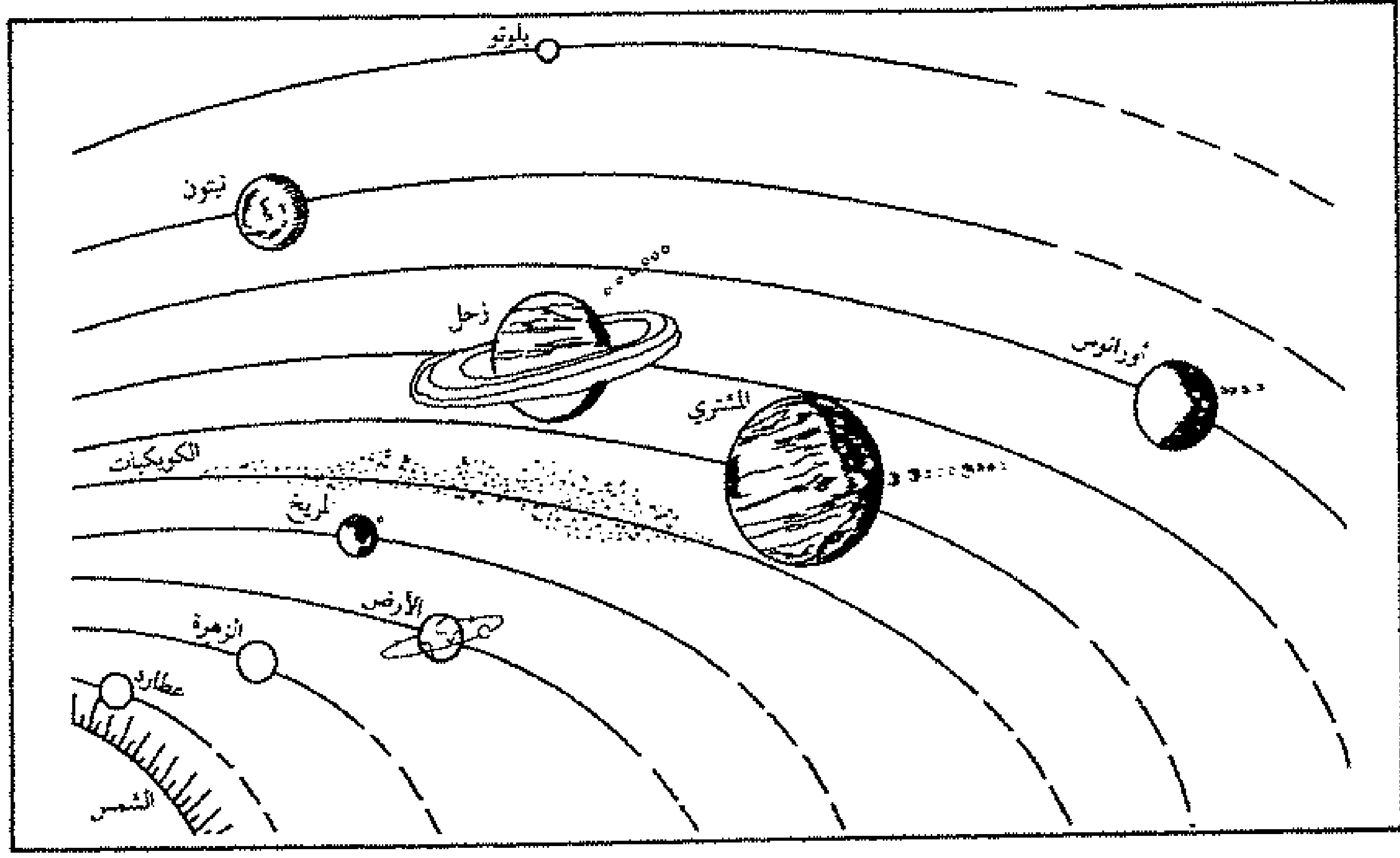
«عطارد (☿)، الزهرة (♀)، الأرض (⊕)، المريخ (♂)، المشتري (♃)، زحل (♄)، أورانوس (♅)، نبتون (♆)، بلوتو (♇).

وتدل الأشكال الموضوعة بين قوسين على رموز هذه الكواكب. أما الشمس فيرمز إليها بالشكلين الآتيين، إما (☼)، أو (☉). **انظر الشكل رقم ٢**

هذا، وقد قسّم علماء الفلك كواكب المجموعة الشمسية إلى قسمين، حسب وضعها بالنسبة للأرض، فسموا الكواكب التي تنحصر بين مدار المريخ والشمس **بالكواكب الداخلة**، وهي: عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ؛ وهي أقرب الكواكب للشمس. بينما سموا تلك التي تقع مداراتها بعد مدار المريخ باسم **الكواكب الخارجة**. ويعني هذا الإسم الكواكب الأكثر بعداً عن الشمس، وهي، بحسب الترتيب: الكويكبات، المشتري، زحل، أورانوس، نبتون، بلوتو. (أنظر الشكل رقم ٣).

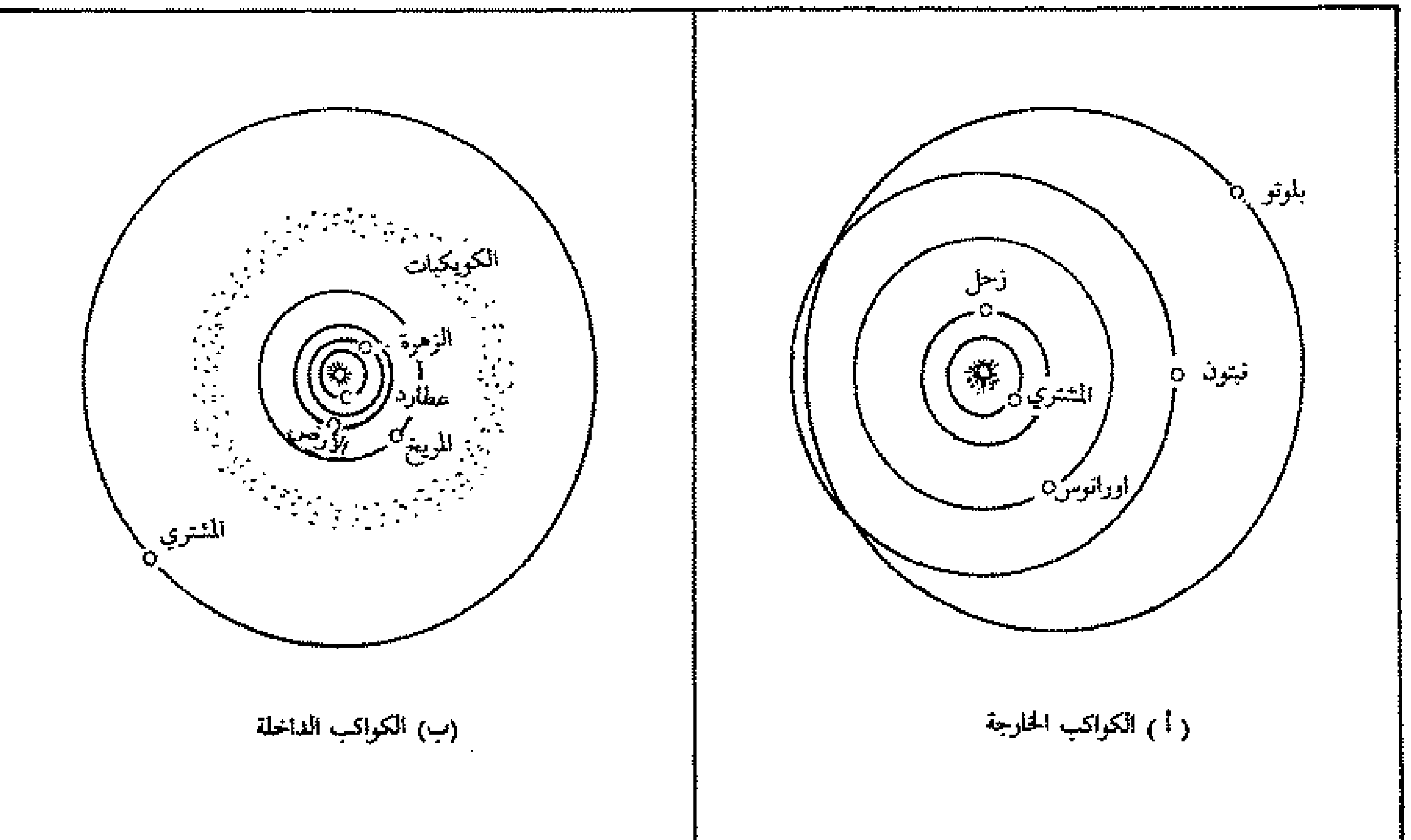
وقد عرف الفلكيون المسلمون الكواكب الستة الأول، أي من كوكب عطارد وحتى زحل، ولهذا فإن لها أسماء عربية. في حين أن الغرب الحديث تمكّن بواسطة آلات الرصد الأكثر تقدماً من معرفة الكواكب الأخرى، فأطلق عليها أسماء أجنبية.





الشكل رقم (٢)

شكل تقريبي لأفراد المجموعة الشمسية



الشكل رقم (٣)
منظر مدارات الكواكب حول الشمس

الفصل الثاني

الفرضيات الكبرى لنشأة المجموعة الشمسية

☐ نظرية كانت[١٤] : (Kant)

انطلق (كانت) في نظريته من نظرة فلسفية، معتمداً بذلك على ما جاء به (أفلاطون)، فقد اعتقد (كانت) أن الكون كان يزخر بأجسام صغيرة صلبة في حالة سكون (Static) تختلف عن بعضها بعضاً في الحجم والكثافة. ثم بدأت هذه الأجسام تتجاذب، فانجذبت الصغيرة منها نحو الكبيرة. وأثناء تجاذبها كانت تتصادم مع بعضها وتلتحم مكونة أجساماً أكبر. واستمرت عملية الجذب هذه فنشأ عنها كتل ضخمة من المواد الكونية استمرت في تجاذبها وتصادمها، مما نتج عنه تولد حرارة هائلة كانت كافية لصهرها، ثم تحويلها إلى كتلة غازية ضخمة متوهجة تشبه السديم، بدأت تدور حول نفسها ببطء أولاً، ثم بسرعة هائلة. وبسبب دورانها هذا وبسبب قوة الطرد المركزية فيها، بدأت حلقات غازية بالانفصال عنها، وأخذت تدور في اتجاه معين حول مركز السديم أو نواته.

ويتابع (كانت) قائلاً: وبنتيجة استمرار دوران هذه الحلقات الغازية

---

(١٤) إيمانويل كانت: (١١٣٧ ــ ١٢١٩ هـ/ ١٧٢٤ ــ ١٨٠٤ م)، كان أستاذاً للفلسفة وعلم الفلك في جامعة (كونغزبرغ) في ألمانيا عام (١١٦٩ هـ/ ١٧٥٥ م).

هذا، وأن بطء السرعة ثم ازديادها بالتدريج حتى وصولها إلى سرعة هائلة كانت نقطة ضعف أساسية في الافتراض نفسه.

وابتعادها عن السديم، فقد أخذت في التبرد، فتجمعت مواد كل حلقة منها على شكل نيازك (كتل حجرية ومعدنية)أخذت تتحد مع بعضها بتأثير قوى الجذب الكامنة فيها مكونة كوكباً من الكواكب استمر في الدوران حول نواة السديم التي هي الشمس الحالية.

وفي الحقيقة، لم يعط (كانت) أي تفسير مقبول لوجود الأجسام الكونية التي ألفت السديم ولم يعلل مصدرها، لأنه انطلق من نظرة إلحادية مادية بحتة.

□ نظرية بيير لابلاس: (Pierre Laplace)

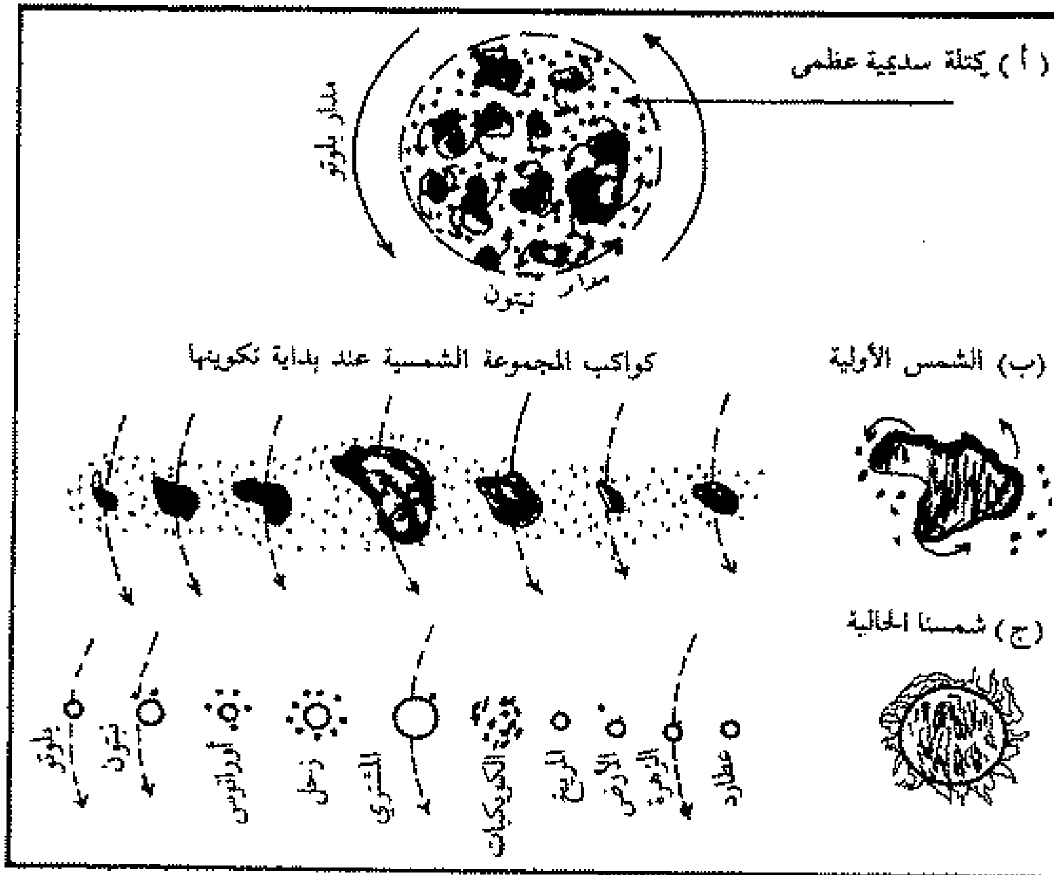
في عام (١٢١١ هـ/ ١٧٩٦ م) قدَّم (لابلاس) فرضية حاول بها تفسير تكوّن ونشوء المجموعة الشمسية وغيرها من المجموعات الكونية الأخرى، فقال:

- إن المادة التي كوَّنت الشمس والكواكب كانت سديماً، أي جسمًا غازياً ملتهباً يدور حول نفسه لسبب مجهول.
- وبسبب تجاذب مكونات هذا السديم تكثُّف عند مركزه، وكوَّن كتلة الشمس. أما بقية السديم فقد غلفت المركز وبدأت تدور حوله بفعل جاذبية كتلة الشمس..
- وأن أجزاء السديم القريبة من المركز، أي الشمس، كانت تدور حولها في أفلاك أنصاف أقطارها أقصر من أقطار الأجزاء الأخرى البعيدة عنها، ومع ذلك فإن دورة الأجزاء كلها حول الشمس كانت واحدة، أي بزمن متماثل.
- ومع ابتعاد أجزاء السديم عن المركز ضعفت قوة جذب الشمس لهذه الأجزاء بينها، وعلى العكس، اشتد ساعد قوة الطرد (النبذ)..
- وعند حد معين، أي مسافة معينة تعادلت القوتان، أي الجذب والطرد، وكان هذا الحد هو الفاصل بين تكون نظام شمسي وآخر..
- ومع الزمن أخذت حرارة السديم المحيط بالشمس تنخفض تدريجياً

وباستمرار، بسبب الإشعاع الذي كانت تصدره إلى الفضاء، ولذلك أخذت أجزاء هذا السديم تتبرد وتنكمش، وقد أدى التبرد والانكماش إلى زيادة سرعة دوران السديم حول الشمس . .

ــ ونتيجة لهذه الزيادة تفوقت قوة الطرد على قوة الجذب المركزية، وبدأ السديم يفقد شكله المستدير ويتحول إلى شكل شبيه بالكرة، فانبعج عند منطقة استوائه، ثم بدأ يتحلل إلى حلقات ضعيفة، ورفيعة . .

ــ ثم، وبسبب عدم تساوي انتظام تبرد المواد المكونة لهذه الحلقات، بدأت الحلقات تتحطم. ونتيجة لقوى الجذب المتبادل بين الأجزاء المحطمة تكونت الكواكب السيارة التي تدور حول الشمس، (أنظر الشكل رقم ٤).



الشكل رقم (٤)
تبسيط نظرية لابلاس

وقد اشتهرت نظرية (لابلاس) وذاعت أكثر من نظرية (كانت). وذلك لأنها فسَّرت لأول مرة أسباب دوران الكواكب حول الشمس في نفس اتجاه دوران الشمس حول محورها، أي من الغرب إلى الشرق.. كما أعطت تعليلاً مقبولاً لانتظام مدارات الكواكب بمستوى واحد تقريباً. كما عللت سبب دوران الكواكب حول محاورها في نفس اتجاه دوران الشمس حول نفسها. وقد أدمجت نظريتا (كانت) و (لابلاس) بسبب تشابههما الكبير في نظرية واحدة.

ولقد أثبتت الدراسات الفلكية التي تلت آراء الرجلين، عديداً من الحقائق المناقضة لما جاءا به. ومن هذه الحقائق: أن كوكب الزهرة يدور حول نفسه بحركة معاكسة لحركة بقية الكواكب. كما أن التوابع، أي الأقمار المرافقة لبعض الكواكب، لا تدور بنفس الاتجاه الذي تدور به هذه الكواكب، وإنما بعكسها، كما هو حال بعض أقمار كوكب أورانوس والمشتري.. بل أن لبعضها حركة اهتزازية صاعدة ـ هابطة كما بينت آخر الصور التي أرسلتها سفينة الفضاء (فوياجير ـ ١). و (فوياجير ـ ٢) عام (١٣٩٩ ـ ١٤٠١ هجرية/ ١٩٧٩ ـ ١٩٨١ م).. وبقي أمر آخر وهام، وهو أن (لابلاس) أيضاً لم يستطع أن يعطي تفسيراً لوجود السديم الذي افترض.

□ نظرية مولتون وتشمبرلن:

وتعرف هذه الفرضية باسم فرضية الكويكبات (Planetsmal Hypothesis) ففي عام (١٣٢٢ هـ/١٩٠٤ م) قام العالمان المذكوران بتطوير كبير لفرضية (لابلاس) حاولا من خلالها سد الثغرات التي وجدت في تلك الفرضية القديمة.

وترى الفرضية الجديدة أن تكوين الكواكب نشأ نتيجة التأثير المتبادل بين الشمس كنجم، ونجم آخر أضخم منها.

فعندما اقترب النجم الضخم من الشمس وجذبها إليه تمدد من الشمس الجانب المقابل لذلك النجم وكذلك المظاهر له (ولا يفسر هذا الأمر إلا بسبب دوران الشمس حول نفسها).

ثم حدث انفجار هائل داخل الشمس ذاتها نتيجة الضغط الشديد الحاصل على أجزائها الداخلية نتيجة الجذب.

ومن هذا وذاك، انفصلت عن الشمس أجزاء أو ألسنة ملتهبة على دفعات متوالية من المنطقتين اللتين أصابهما التمدد..

وأخذت الأجزاء المنفصلة تتجمع وتتلاحم، وكان تلاحمها بدرجات متفاوتة، مما أدى إلى نشوء كويكبات (كواكب صغيرة الحجم).. وتابعت هذه الكويكبات تضخمها وذلك بتجميع الكبير للصغير منها حتى وصلت أحجامها إلى أحجام الكواكب المعروفة لنا اليوم، التي تكون المجموعة الشمسية والتي احتلت نفس مدارات الكويكبات الأصلية حول الشمس. أما الأجزاء التي لم تلتحم فقد شكلت التوابع والأقمار. كما أن أحد الكواكب، وهو الواقع بين المريخ والمشتري، قد عاد وانفطر تاركاً[١٥] مكانه وفي مداره مجموعة الكويكبات التي كان قد اكتشفها العالم (بود) نظرياً بالصدفة.

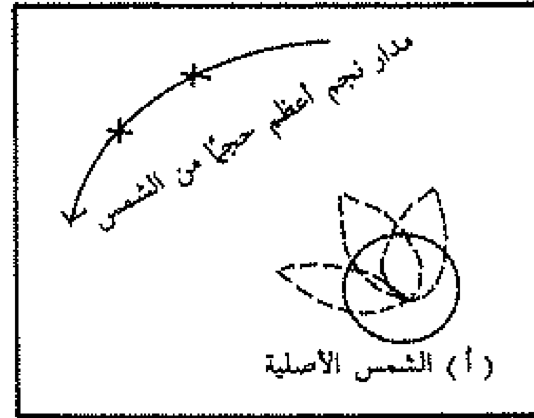
وترى هذه النظرية أنه لا ضرورة هنالك لأن تكون الأرض قد مرت في وقت ما من تكونها في حالة سائلة أو منصهرة، وإنما نمت وكبرت نتيجة تجمع مواد الكويكبات وكان نموها سريعاً في البداية ثم أخذ يتباطأ بالتدريج.

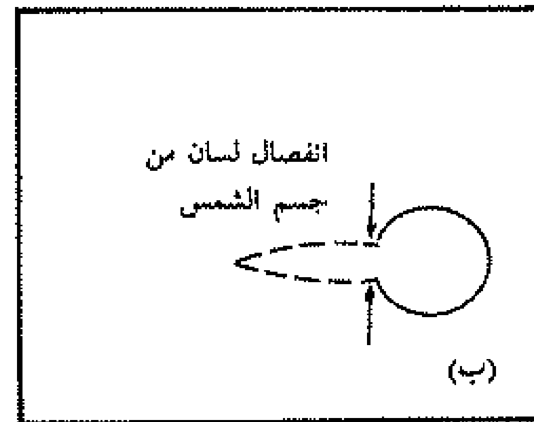
وتحاول هذه النظرية تفسير حرارة باطن الأرض، كما تحاول تفسير كيفية تشكل طبقة الصخور السطحية. فهي ترى أن ارتفاع حرارة باطن الأرض قد نجم عن تكثف كتلتها أثناء تكونها، وأن انطلاق جيوب من المواد المنصهرة من مركز الأرض باتجاه أطرافها أدى إلى تصلب هذه المواد وتشكيل القشرة الصخرية الخارجية. أما معظم المواد الفلزية المعدنية الكثيفة فبقيت في باطن الكتلة المركزية أو الكرة المركزية.

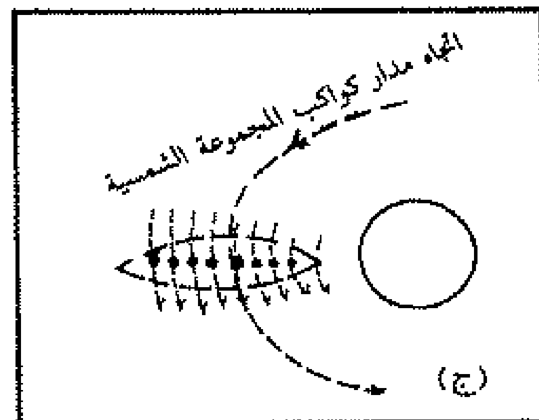
وتعلل النظرية، أخيراً، تشكُّل الغلاف الغازي، وكذلك الغلاف المائي المحيطين بالأرض بتفكك مواد الكويكبات إلى غازات ثم تكاثفها إما على شكل ماء ملأ المقعرات السطحية، أو غاز أحاط الكرة الأرضية من جوانبها

(١٥) سنعرض لفرضية العالم (بود) في فصل مقبل.

ويبقي مرتبطاً بها بعامل الجاذبية.. والشكل رقم (٥)، يحاول تبسيط هذه النظرية.







الشكل رقم (٥)
تبسيط نظرية الكويكبات

ويبقى السؤال ذاته: من **أين جاءت النجوم؟ وبأمر من تحركت وانتقلت؟.. وهذا السؤال لا يجيب عنه واضعا هذه** الفرضية.

◻ نظرية جينز وجيفرز:

وتدعى أيضاً بفرضية المد الغازي، وقد ظهرت هذه الفرضية بعد أن تعرضت فرضية (الكويكبات) إلى كثير من النقد، مع أن الأساس الذي قامت عليه لا زال مقبولاً لدى عدد من الباحثين.

تعتمد هذه الفرضية اعتماداً أساسياً على تأثير «قوى الجذب المتبادل»، وتعدها العامل المؤثر الوحيد في نشوء المجموعة الشمسية، إلا أنها ترفض رفضاً تاماً موضوع الانفجارات التي حصلت في الشمس والتي اعتمدت عليها فرضية «الكويكبات».

وتدَّعي هذه الفرضية أن نجمًا ما كان قد اقترب من الشمس مما أدى إلى تحطم حوافي كتلة الشمس نتيجة الجذب الذي مارسه ذلك النجم على الشمس فأنقذف الحطام بعيداً عنها . .

وكانت المقذوفات الملتهبة تضم مواداً جعلتها تتماسك على شكل عمود غازي هائل لم تتناثر أجزاؤه بكثرة في الفضاء . .

وبنتيجة الجاذبية تكونت (**عقد متكاثفة**) خلال العمود . . وبمرور الزمن تمكنت تلك العقد من أن تصبح كواكب مستقلة ذات أعمار متماثلة ودار كل منها بمدار خاص حول الشمس .

ويتصور العالمان أن العمود الغازي الذي انفصل عن الشمس كان وسطه أكثر ثخانة من طرفيه، أي أنه يشبه (المكوك) (ـــــ)، مما أدى إلى أن تُشَكِّلَ العقد الوسطى منه أكبر الكواكب المعروفة، في حين أن أصغرها تشكل على طرفي العمود. وهذا يتفق وترتيب كواكب المجموعـة الشمسية، حيث أن المشتري وزحل **يتوسطان** العقد، بينما يكون عطارد وبلوتو في نهايتيه الدقيقتين .

ويعلل العالمان وجود الأقمار (التوابع) بانفصالها عن الكواكب، بعد تشكل تلك الكواكب، وذلك نتيجة جاذبية الشمس أو بتأثير نجم زائر، فكك أو سحب الأجزاء التي لم تتماسك تماماً مع الكوكب[١٦] .

وتفترض النظرية أيضاً أن الكواكب الصغيرة، وكذلك الأقمار (التوابع) لم تتكون بطريقة التكثيف البطيء من الحالة الغازية إلى حالة الانصهار ثم التبرد، فهي لم تتحول كالأرض إلى حالة سائلة ثم صلبة، وإنما كانت صلبة منذ وجودها، وهذا يفسر سبب عدم تشتتها في الفضاء .

أما الأرض فقد مرت بمراحل تبردت فيها من شكل غازي إلى حالة سائلة، ثم إلى حالة صلبة نتيجة اقتران الحرارة التي نجمت عن التكثيف ونتيجة الإشعاع نحو الخارج . ويعلل مرور الأرض بهذه المراحل تكونها أثناء مرحلة

---

(١٦) ظل هذا الظن مقبولاً لدى العلماء حتى أثبت نزول الإنسان على سطح القمر من أن صخور القمر وتطوره بعيدا الصلة عن الأرض وتطورها .

التبرد على شكل طبقات أو كرات متداخلة حسب الكثافة المكونة لكل كرة أو غلاف. فباطن الأرض أعظمها كثافة، بينما الغلاف الغازي أقل الأغلفة كثافة.

◻ النظريات الحديثة عن نشأة المجموعة الشمسية:

كانت فرضية «السدم» التي جاء بها (لابلاس)، والتي طورها العلماء بعده، كافية إلى حد ما لتعليل الكثير من ما رآه العلماء في هذا الكون. ولكن اكتشاف أجرام خافتة وصغيرة في النظام الشمسي، وكونها أقل انتظاماً في حركتها من حركة المجموعة الشمسية، وثبوت تحرك كوكب الزهرة بحركة معاكسة لحركة الكواكب الأخرى، وكذلك توابع (أقمار) المشتري الأربعة الخارجية، جعلت جميع النظريات القديمة تقف في قفص الاتهام. إذ ندَّد العديد من علماء الجغرافيا الفلكية، بقصورها عن تفسير النظام الشمسي المعقد.

وقد ظهرت نظريات حديثة حول نشأة المجموعة الشمسية، وهي بجملتها نظريات معقدة جداً لا يمكن تلخيصها ببضعة أسطر أو كلمات، وتحتاج إلى معرفة كبيرة بالرياضيات والفيزياء. ومع هذا يمكننا الإشارة إلى أهم الفرضيات الحديثة وأهمها الفرضية التي قال بها الفيزيائي الألماني (كارل فون فايزاخر ــ Karl Von Weizacker)، والفرضية التي جاء بها الفلكي الأمريكي (جيرارد كويبر ــ Girard Kuiper)، وكلتاهما تبدأ كما بدأت فرضية (لابلاس)، أي بكرة من الغاز والغبار التي انبسطت وهي تدور.

ويفترض العالمان أن سرعة دوران المواد التي كانت تؤلفها كانت بطيئة عند محيط هذه الكرة وأيضاً عند حافاتها، مما كانت عليه الحركة في باطنها وأقسامها الوسطى.

ويقول هذان العالمان: ثم هاجت حركة هذه الأجزاء وأصبحت على شكل دوامات فصلت المواد التي تشكل منهـا أشكال معقدة ثم تشكل النظام الشمسي المعقد الذي نعرفه اليوم.

□ خاتمة:

وبعد، إن جميع ما تقدم من فرضيات ليست إلا اجتهادات حاول بها واضعوها تعليل أمر واقع خارج عن نطاق قياسهم وتجربتهم، وهي تبدأ باحتمالات لتنتهي باحتمالات وليس باليقين، ونتائجها اجتهادية، فهي تنطلق من افتراض أمر وكأنه واقع، ثم تولد منه وتشتق فرضيات أخرى قد تقنع إلى حد ما ذلك الذي جهل قدرة الله جل وعلا والذي ﴿إنما أمره إذا أراد شيئاً أن يقول له كن فيكون﴾ (الآية ٨١ من سورة يسٓ).

وهذه الافتراضات قابلة للتعديل والإضافة والحذف، لذلك فهي ليست نهائية، وهي قابلة للخطأ والتبديل كما رأينا من خلال عرضنا لأهمها. وهي، إن أردنا أن نعتبرها علماً، كان لا بد من قياسها وتجربتها. والقياس هنا أمر مستحيل، وإذا أمكن الاستدلال بأمر على آخر شبيه به، فإن مثل هذا الاستدلال لن يكون سوى وسيلة تؤدي في غالب الأحيان إلى نتائج ظنية، بمعنى أن نتائج الاستدلال عموماً ليست أبداً قطعية ولا نهائية.

أما التجربة، وهي منهج أساسي من مناهج البحث في العلوم الطبيعية، فغير مهيأة للإنسان في هذا المجال. لذلك، فإن ما جاءت به هذه الفرضيات أو ستجيء به فرضيات أخرى، لن توصل الإنسان إلى نتائج قطعية ولا نهائية.



الفصل الثالث

الشمس

☐ تمهيد:

بسبب استخدام وسائل جديدة في المراصد: كالرادار، والراديوتلسكوب أو الراديو المكبر، والإشعاعات الغير مرئية، والصواريخ وسفن الفضاء؛ تقدمت المعارف البشرية حول الشمس والمجموعة الشمسية في السنوات الأخيرة. وقد غيرت هذه المعارف الجديدة الكثير من المعلومات والأفكار التي كانت سائدة لدى علماء الفلك..

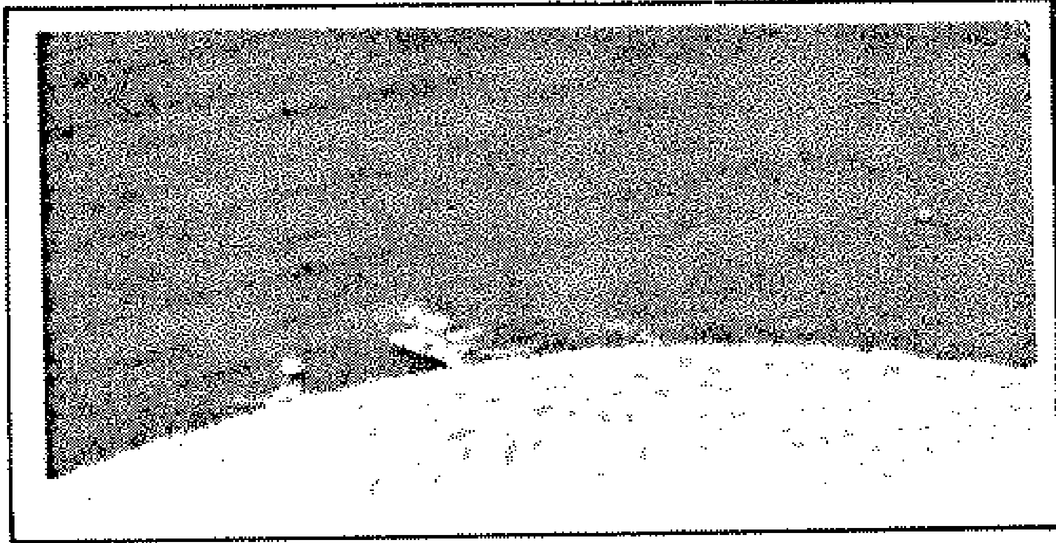
فكوكب الزهرة مثلاً ليس كالأرض، إذ أنه قد ثبت ألّا مياه فيه.. وكوكب عطارد يوجه كلا وجهيه نحو الشمس وليس وجهاً واحداً كما كان يظن من قبل. .وكوكب المريخ ليس فيه قنوات مائية صنعتها كائنات بشرية أو تشبه البشر كما كان يعتقد العالم (لويل) (Lowel)، كما أن ليس فيه أي ماء جارٍ أو غابات كثيفة.

لقد مكنت الاختراعات الحديثة، وبخاصة سفن الفضاء الأمريكية والروسية من الوصول إلى أبعد من جو زحل، بل من المحتمل أن تصل سفينة الفضاء (فوياجير ـ ٢)، والتي مرت بكوكب زحل بعد المشتري خلال صيف عام (١٤٠١ هـ/ ١٩٨١ م) حتى الكوكب (بلوتو) بعد أن قطعت مئات الملايين من الكيلومترات والتقطت صوراً للمشتري وأقماره، وزحل وحلقاته، كما قاست الحرارة والضغط الجوي والإشعاعات والمغناطيسية.

وان جميع المحاولات التي يبذلها البشر لزيادة معارفهم عن النظام الشمسي وكيفية تطوره ونموه، هدفها التعرف، إن أمكن، على كيفية بدء الحياة وإمكانية وجود حياة على الكواكب الأخرى. وكل ذلك يهدف تفسير ما غمض من تاريخ الأرض وما حدث عليها من ظواهر، إضافة إلى هدف هام وكبير: وهو السيطرة على الفضاء عسكرياً وعلى موارده.

◻ الشمس: (١٧)

لا نرى من الشمس عادة غير «سطحها» الذي لا يشبه أبداً سطح الأرض. وكلمة «سطح» هنا نستعملها للدلالة على ما يستطيع الإنسان رؤيته من هذه الكرة الغازية الهائلة الحجم، أي المستوى الذي تنبعث منه معظم أشعة الشمس وضوئها. وهذا السطح ليس صلباً، أما كمية الغاز فيه فقليلة جداً، بل نادرة.. فهي أقل من عشرة آلاف مرة من ندرة الهواء حولنا (أنظر الشكل رقم ٦).



الشكل رقم (٦)
تفاصيل حافة الشمس
لاحظ: الغازات الحارة الهائجة قرب السطح، الحافة المتهتكة، الشواظ الذي يعلو السطح

---

(١٧) عندما تطلع النجوم: روبرت هـ. بيكر. ترجمة فياض، مؤسسة فرانكلين للطباعة ١٣٨٣ هـ/ ١٩٦٣ م، القاهرة.

وفوق هذا «السطح» توجد طبقة أخرى من الغازات النادرة، ولكنها كثيرة التخلخل، وتُعرف باسم كرة اللون أو (الكروموسفير).. وقد سميت كذلك بسبب لونها الأحمر الذي يشبه لون اللهب. وتظهر كرة اللون هذه في النتوءات التي نشاهدها فوق الشمس عندما تُكسف. والشمس كرة هائلة الحجم، تتألف من مواد وغازات ملتهبة، يشكل الهيدروجين (H) (٨١,٧٥٪) منها، في حين يمثل الهليوم (He) معظم الباقي وقدره (١٨,١٧٪) منها.. أما ما تبقّى فهو غازات نادرة متعددة.

وتعادل مادة الشمس (٧٠٠ مرة) مجموع المادة التي تتشكل منها الكواكب، أما كتلتها فتساوي (٣٣٣,٠٠٠) مرة كتلة الأرض، في حين يزيد قطرها (١٠٠) مرة على قطر الأرض، إذ يبلغ نحو (١,٣٨٠,٠٠٠) كم. أما حجمها فهو نحو مليون مرة حجم كرتنا الأرضية.

وتتميز الشمس بحرارتها الشديدة التي تزداد من (٥٠٠٠) درجة مئوية على السطح حتى تصل إلى ما يزيد على (٣٠°) مليون درجة، في أعماقها. وتندفع ألسنة اللهيب في الفضاء من الشمس، بسرعة تزيد على (٤٠٠) كم في الثانية مشعة الحرارة حتى أقصى كواكب المجموعة الشمسية.

أما بالنسبة لما يصل الأرض من هذه الحرارة فلا يتجاوز واحد على ٢ مليار $\frac{١}{٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠}$ من الحرارة التي تصدر من الشمس، وباقي هذه الحرارة فيجري امتصاصه ـ بقدرة الله تعالى ـ من قبل غازات الجو العليا، أو ما يدعى (بالإيونات). ويمكن أن نقسم نوع الأشعة التي تصدر عن الشمس إلى ثلاثة أقسام:

١ ـ **أشعة غير مرئية**: وتساوي ٥١٪ من مجموع الأشعة الصادرة عن الشمس، ويبلغ طول موجاتها بين ٠,٨ و ٠,٩ ميكرون.

٢ ـ **أشعة مرئية**: وتساوي ٣٧٪ من الأشعة الشمسية وتسبب الضوء عندما تنعكس على سطح صلب. أما طول موجاتها فيتراوح بين ٠,٣ و٠,٨ ميكرون.

٣ ــ أشعة فوق البنفسجية: وهي أشعة قاتلة، ولكن بفضل الله ولطفه، لا يصل الأرض منها إلا القليل، إذ تقوم طبقة غاز (الأزون)، والتي يتراوح ارتفاعها فوق سطح الأرض بين ٣ و ٥ كم باحتجاز جزء كبير منها. وتختلط الأشعة فوق البنفسجية هذه بالأشعة الزرقاء، فتبدو السماء بلونها الأزرق. وقد كشف التحليل الطيفي لألوان الأشعة الشمسية أن طول موجات هذه الأشعة يتراوح بين ٠,١ و ٠,٤ ميكرون.

◻ ملاحظات حول الشمس:

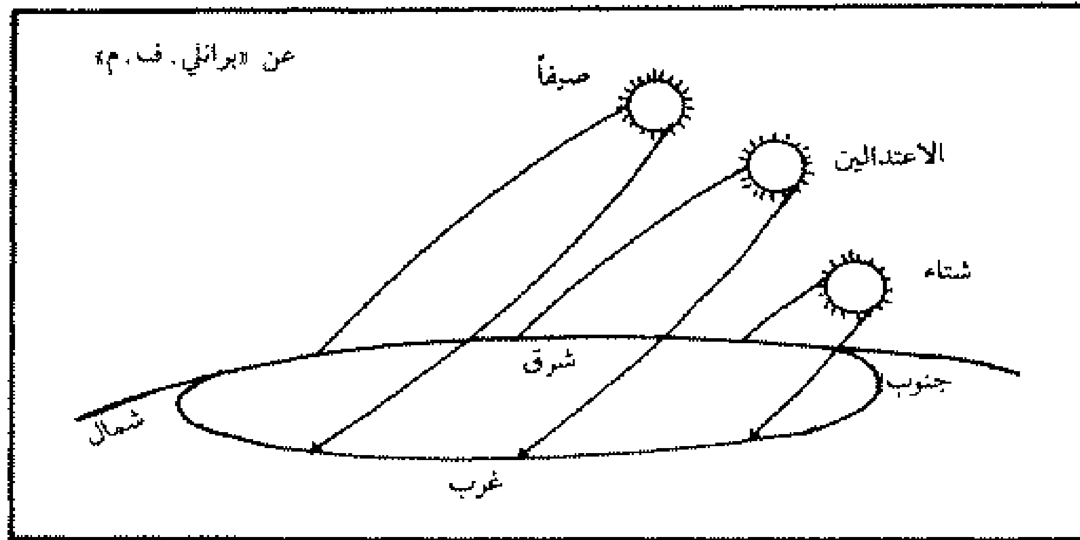
١ ــ الشروق والغروب:

لو عنَّ لكم ملاحظة شروق الشمس وغروبها خلال سنة من الزمن، لَتَبَيَّـن لكم أن الشمس لا تشرق من الشرق الحقيقي وتغرب في الغرب الحقيقي إلا مرتين في العام، وهاتان المرتان تقعان في أول يوم من أيام الربيع، أي في ٢١ آذار (مارس)، وأول يوم من أيام الخريف أي في ٢٣ أيلول (سبتمبر). أما في ما تبقى من أيام العام، فإن الشمس **خلال الشتاء** تشرق من نقطة أبعد من نقطة الشرق الحقيقي، أي من الجنوب الشرقي.. وتغرب في نقطة أبعد من نقطة الغرب الحقيقي، أي تغرب في الجنوب الغربي. وتبلغ أقصى نقطة لها في الجنوب، ظاهرياً في أول أيام الشتاء، أي ٢١ كانون الأول (ديسمبر).

أما في **الصيف** فعلى العكس فتشرق من الشمال الشرقي وتغرب في الشمال الغربي. أما أقصى نقطة تبلغها في الشمال، ظاهرياً، فتكون في أول أيام الصيف، أي في ٢١ حزيران (يونيه). (أنظر الشكل رقم ٧).

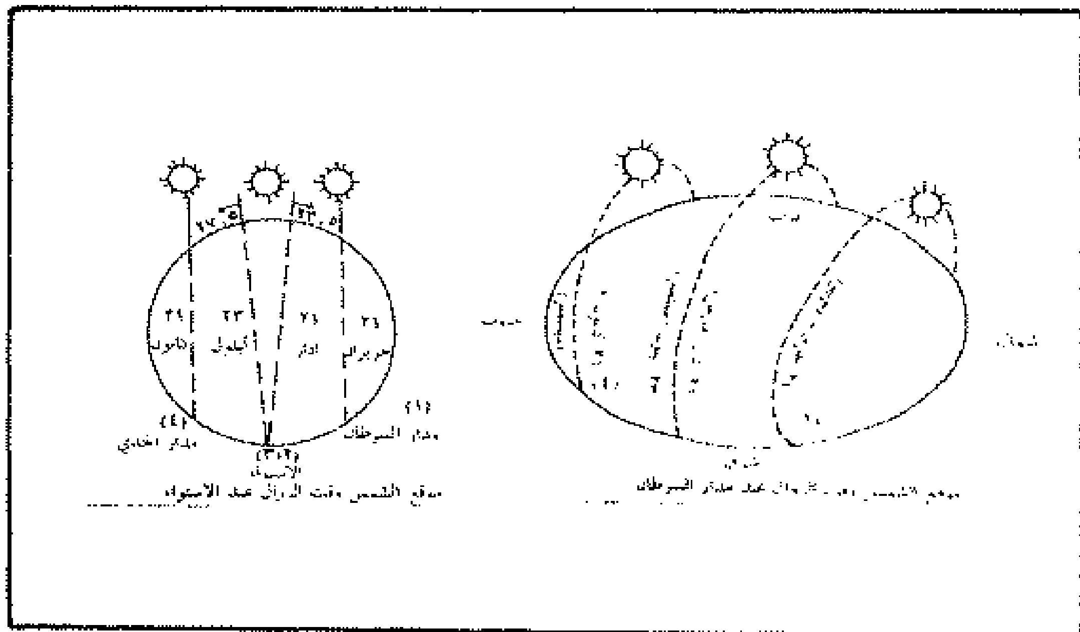
وعلى هذا، فإن الشمس تشرق كل يوم من نقطة معينة في المشرق، عدا الاعتدالين حيث تشرق من الشرق الحقيقي.

ولو حاول أحدكم أن يرصد مشرق الشمس أو غيابها خلال ثلاثة أسابيع من نافذة غرفته لتحقق من هذا الأمر على أن يعين على زجاج النافذة نقطة الشروق أو الغروب بالنسبة لظل شجرة أو عمود مثلاً يقع على امتداد البصر.



الشكل رقم (٧)
اختلاف المغارب والمشارق في الفصول المختلفة

هذا، وأن سبب تغيير موقع شروق الشمس وغروبها بين يوم وآخر يعود إلى ميل محور الأرض. (أنظر الشكل رقم ٨).



الشكل رقم (٨)
اوضاع الشمس ظاهرياً وقت الزوال

ففي الصيف، يميل محور الأرض نحو الشمس في نصف الكرة الشمالي وبذلك تبدو الشمس ظاهرياً في أعلى أوضاعها (الوضع رقم ١)، وفي الشتاء يكون نصف الكرة الشمالي مائلاً عن الشمس، لذلك تبدو الشمس في أدنى أوضاعها (الوضع رقم ٤). أما في الاعتدالين فتظهر الشمس في منتصف المسافة بين الوضع رقم (١) والوضع رقم (٤).

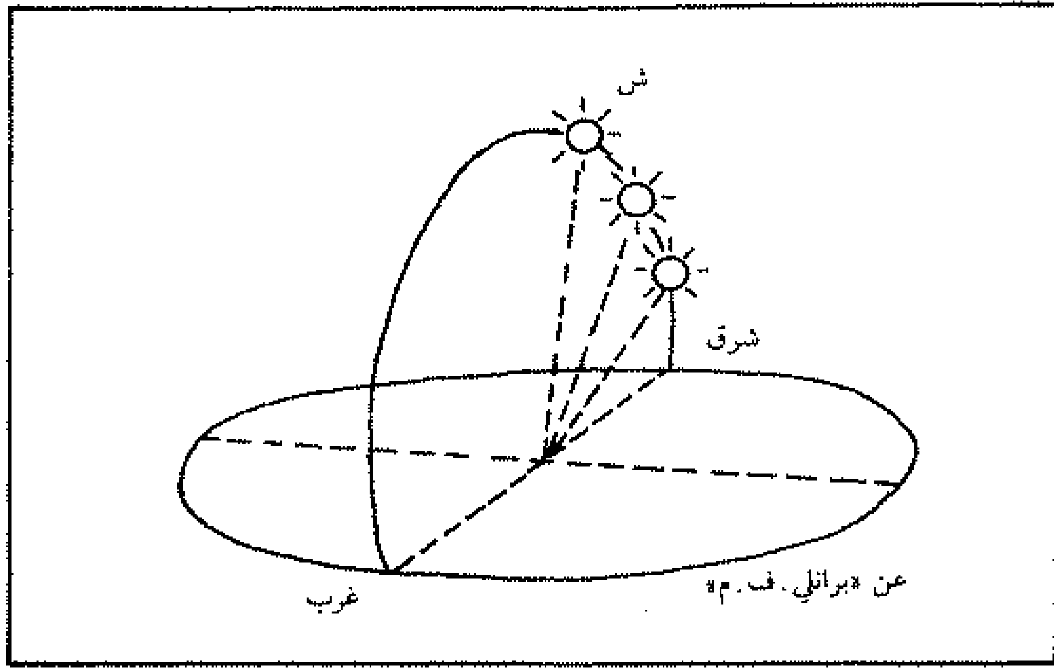
٢ ـــ خط الزوال:

هو خط وهمي يمرُّ فوق رأسك تماماً حيثما كنت، ويصل بين قطبي الأرض الشمالي والجنوبي. فعندما تصل الشمس خط زوال بلد ما، يكون ذلك وقت الظهر، أي عندما تصبح الشمس في منتصف المسافة بين الأفقين الشرقي والغربي. ولتعيين وقت صلاة الظهر قبل معرفة الساعات، كان المسلمون يضعون وتداً يغرسوه في مركز دائرة رسموها على صحن الجامع. وعندما يحين الظهر، أي عندما تصل الشمس خط زوال ذلك البلد أو الجامع، ينعدم ظل الوتد انعداماً تاماً في المناطق المدارية والقريبة منها أو يصبح أكثر ما يكون قصراً في المناطق الأخرى، فيقوم المؤقت بإعطاء الإشارة للمؤذن الذي يرقب (المؤقت) من أعلى المئذنة ثم يباشر الأذان.

وتسمى هذه الآلة البسيطة باسم (المزولة الشمسية)، ويمكن لأي منكم أن يصنع مزولة شمسية من خشب ومسمار.

وبكلمة أخرى: يحل الظهر في مكان ما على الأرض، عندما تدرك الشمس أعلى أوضاعها فوق الأفق في ذلك اليوم. ويتغير موضع الشمس وقت الظهر على خط الزوال، أي زاوية ارتفاعها وقت الظهيرة خلال أيام العام.

وإذا راقبت شمس الظهيرة طوال العام تبين أن شمس الظهيرة **تصل أقل ارتفاع لها فوق الأفق الجنوبي أول أيام الشتاء**، كما أنها **تصل أكبر ارتفاع لها فوق الأفق الجنوبي في أول أيام الصيف** (أنظر الشكل رقم ٩). وهذا الأمر يعلل اختلاف وقت صلاة الظهر، وبالتالي جميع الصلوات على مدار العام.



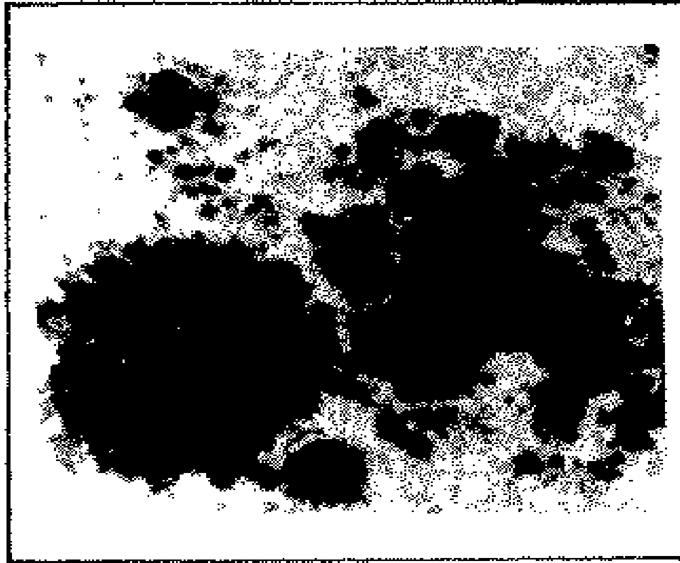
الشكل رقم (٩)
تغير زاوية الارتفاع حسب الفصول

وتأكيداً لما تقدم، يلاحظ الذين يعيشون عند خط العرض (٤٠°) شمالاً، أن شمس الصيف ترتفع فوق الأفق عند الزوال بزاوية قدرها (٧٣°) فوق الأفق الجنوبي، وشمس الربيع والخريف بزاوية قدرها (٥٠°)، أما شمس الشتاء فترتفع زهاء (٢٧°) درجة فقط.

٣ ـ البقع الشمسية:

لو قمت برصد سطح الشمس أو قرصها لَبَدَا لك متجانساً عادة، ولكن عليه بقع صغيرة قليلة اللمعان تسمى (الكلف الشمسي). وتزداد هذه البقع بالتدريج ودورياً حتى تبلغ أقصاها كل ١١ عاماً، وهي تنجم عن اضطرابات تنتاب سطح الشمس، وقد تُكَوِّنُ (شواظاً) من نار أو نتوءاً فوق سطح الشمس، وتنجم عن أعاصير جبارة من غاز الهيدروجين المستعر الذي يرتفع

آلاف الكيلومترات بعيداً عن هذا السطح، أو قد تدل على الأماكن التي سبق وانتشر فيها (الوهج الشمسي). (أنظر الشكل رقم ١٠).



الشكل رقم (١٠)
الكلف الشمسي

لاحظ: ظهور الحبيبات على طرفي البقع الشمسية

ويحدث الوهج الشمسي عندما تصبح مساحة ما من سطح الشمس عظيمة اللمعان بسبب ازدياد حرارة تلك المساحة عن المعتاد. وفي هذه الحالة ينبثق سرب من (الجسيمات) مندفعاً من الشمس إلى الفضاء. وقد يدخل جزء من هذه الجسميات جو الأرض العلوي حيث يحدث تفاعلات تسبب ظهور (الأورورا) أو الفجر القطبي[١٩] وتدعى أحياناً باسم (أنوار الشمال والجنوب).

ولا تبدو البقع الشمسية على (القرص) كبيرة الحجم، ذلك أن كل قرص الشمس يصنع ما بين جانبيه زاوية لا تتجاوز نصف درجة (أي أن الفضاء

---

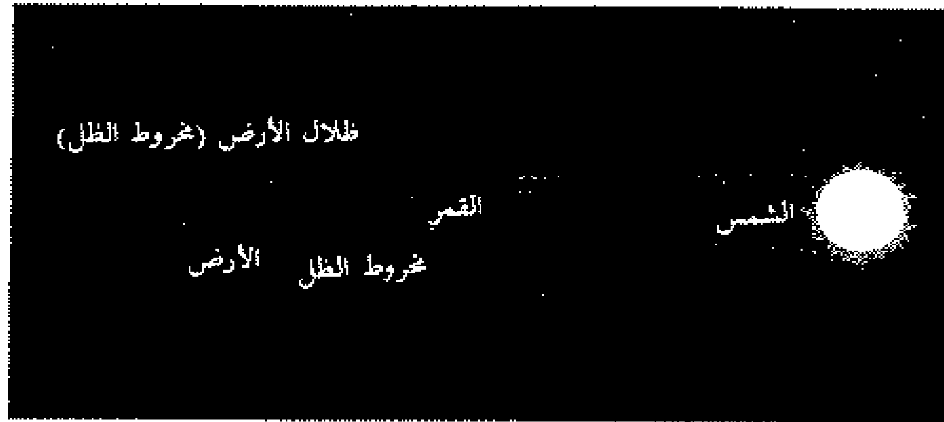
(١٩) يسمى أحياناً (الوهج القطبي)، وهو عبارة عن تفريغ كهربي في جو الأرض العلوي المخلخل، ويحدث عادة قرب القطبين، حيث يكون الغلاف الغازي أقرب من منطقة الاستواء، ويظهر على هيئة ستائر مدلاة مضيئة ذات ألوان خلابة تبدو وكأنها تتدلى من السماء باتجاه خطوط قوى مجال الأرض المغناطيسي الذي يحبس كثيراً من الجسيمات المشحونة: الكهارب الموجبة التي ترسلها الشمس.

الموجود بين الأفق الشرقي والأفق الغربي يحتاج إلى (٣٦٠) شمساً كشمسنا ترص على خط واحد لملء هذا الفضاء.

٤ ــ الكسوف الكُلّيّ للشمس:

ويُعَدُّ الكسوف الكلي للشمس من الظواهر المثيرة التي يمكن رصدها في جهات متفرقة من العالم. وقد استطاع العلماء بما لديهم من وسائل تحديد مكان وتاريخ حدوثه والدقيقة التي يبدأ فيها، ولحظة انتصافه ثم لحظة انتهائه تماماً حتى إلى أعوام عديدة مقبلة..

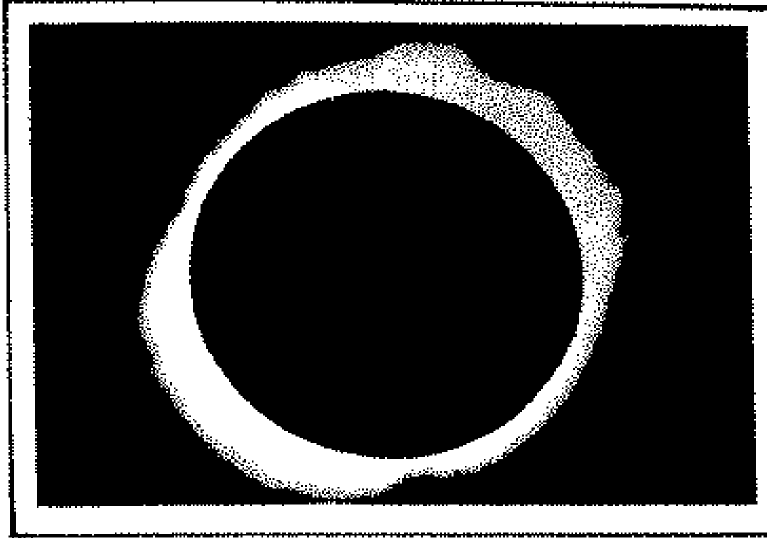
ويحدث كسوف الشمس خلال وجه جديد من أوجه القمر، وذلك عندما يقع القمر بين الأرض والشمس، ويكون نصف القمر المضاء من الشمس في الجهة الأخرى بالنسبة للأرض، بحيث لا يرى القمر أبداً.. (أنظر الشكل رقم ١١).



الشكل رقم (١١)
الكسوف

ولما كان القمر يتحرك بسرعة أكبر من سرعة الشمس فإنه يباغتها ويتحرك أمامها، وعندئذٍ يحول لثوانٍ أو دقائق دون رؤيتها من أهل الأرض. ويبدأ كسوف الشمس الكلي بظهور منطقة مظلمة فوق قرص الشمس ثم تكتمل

وتصبح منطقة سوداء (الشكل رقم ١٢)، وليس هذا السواد، إلا نصف القمر المظلم المواجه للأرض الذي ينطبع على قرص الشمس. وسنعمد إلى دراسة هذه الظاهرة بتفصيل عند حديثنا عن القمر.



الشكل رقم (١٢)
كسوف الشمس
الكلي ـ آذار
١٣٩٠هـ (١٩٧٠م)

لاحظ: ظهور
التويج (الكورونا)

٥ ـ الظواهر الأخرى:

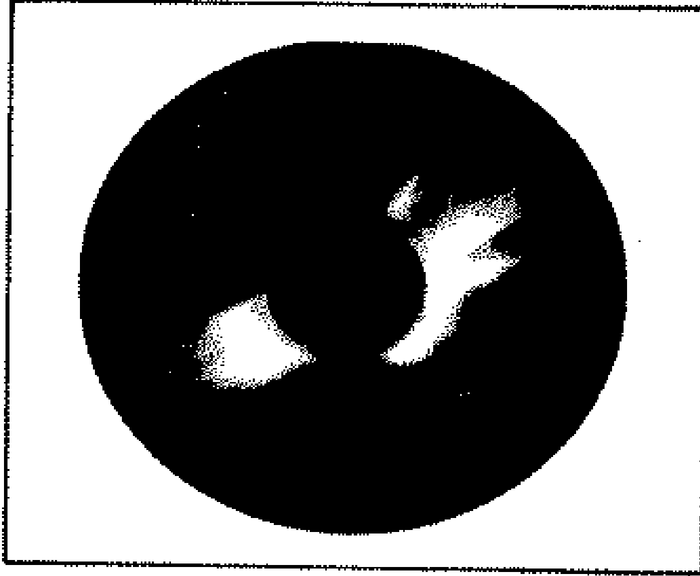
هذا، ولقد استفاد العلماء من الفترة التي تسبق اكتمال الكسوف، برصد سطح الشمس، فقبل اكتمال الكسوف وعندما يغطي القمر قرص الشمس بأكمله، يظهر للمراقب **خيط من الأضواء الساطعة** على طول حافة القمر، وتدعى هذه الأضواء باسم «**خرزات بيلي**»[٢٠]، وهي تحدث بسبب إضاءة أشعة الشمس للوديان العميقة التي توجد على حافة القمر محدثة بذلك خيطاً من الضياء المتقطع.

وخلال الكسوف الكلي يمكن للراصد أن يرى ما يدعى «**إكليل الشمس**»[٢١] أو الكورونا، ويبدو على هيئة تاج يغلف الشمس، ولكنه لا يمتد

(٢٠) فلكي انكليزي وصف هذه الخرزات عندما رصد كسوف الشمس في ١٥ أيار ١٢٥٢هـ (مايو ١٨٣٦م).

(٢١) سماه العرب التويج.

إلى أبعاد متساوية عن حافتها. ويعلل العلماء الأمر باختلاف آثار مجال الشمس المغناطيسي. (أنظر الشكل رقم ١٣).



الشكل رقم (١٣)
صورة لاكليل الشمس
(التويج) اخذت من معمل الفضاء
(سكاي لاب) عام ١٩٧٣م

ومن الممكن أيضاً، مشاهدة ما يدعى بـ (بشواظ الشمس) وهي ألسنة من اللهب ترمي بها الشمس فوق سطحها وتتكون من مقادير لا حصر لها من غاز الهيدروجين المستعر التي تنبثق إلى ملايين الكيلومترات بعيداً عن سطح الشمس. (أنظر الشكل رقم ١٤).



الشكل رقم (١٤)
الشواظ الشمسي (النتوءات)
كما يبدو من سطح الأرض

وفي حالة الكسوف الكُلِّي يعمد العلماء أيضاً إلى قياس النقص في شدة الإضاءة، وذلك باستخدام مقاييس شدة الضوء[٢٢].

والشمس، في حقيقة الأمر، ليست إلا نجمًا نراه أثناء النهار ولكننا لا نبصره على حقيقته في أية لحظة من اللحظات.

فعندما ننظر إلى الشمس نراها على الحال الذي كانت عليه قبل ثماني دقائق مضت قبل المشاهدة، وذلك لأن ضوء الشمس يستغرق حتى يصل إلينا بعد انطلاقه من سطح الشمس مدة ثماني دقائق، يقطع الضوء خلالها ١٤٩,٣٩ مليون كم، أو ٩٢,٩ مليون ميل.. لذلك يمكننا القول **بأن الشمس تبعد عن الأرض ثماني دقائق ضوئية**[٢٣].

وتبدو لنا الشمس أحياناً مفلطحة من أعلاها وأسفلها، وذلك أثناء الشروق والغروب، وأحياناً أخرى يقتصر التفلطح على الجزء الأسفل من قرص الشمس. وفي كلتا الحالتين تعلل هذه الظاهرة بأنها تنجم عن جو الأرض نفسه. وتكثر مشاهدتها عند الغروب، حيث تصاب أشعة الشمس المسلَّطة على الأرض بانحناء عند مرورها بجو الأرض بسبب اختراقها لطبقات من جو الأرض الأكثر كثافة والمحملة بكميات أوفر من ذرات الغبار الذي يكثر وجوده في طبقات الجو الدنيا.

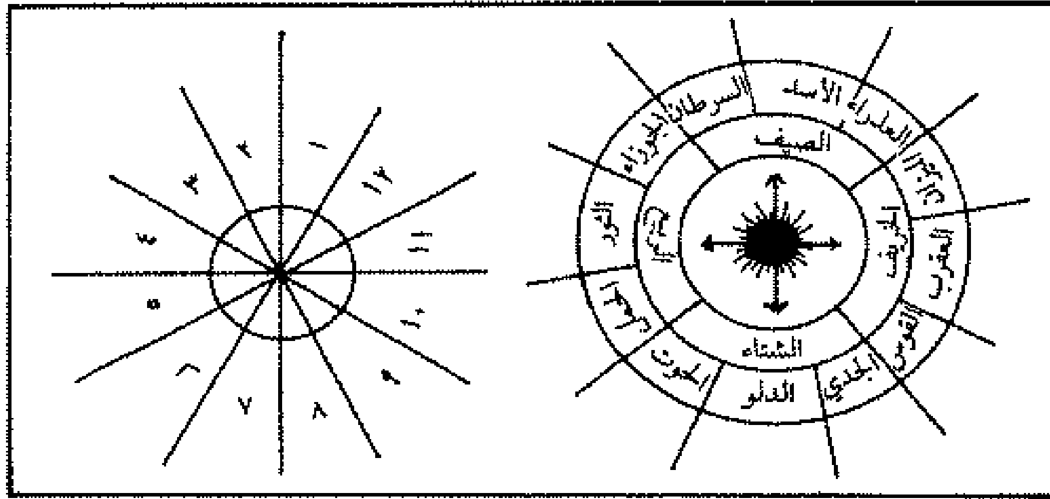
ولهذه الأسباب كلها، ينكسر الضوء المنبعث من جزء قرص الشمس السفلي، أو فلنقل ينحني بدرجة أكبر مما يحصل للضوء المنبعث من الجزء الأوسط أو العلوي مما يسبب ظهور الشمس مشوهة الصورة.

---

(٢٢) يمكن لك أن توجه مقياس شدة إضاءة عادية (مع الكاميرا، آلة التصوير عادة) إلى سطح عاكس في يوم عادي، وتعرف بشدة الإضاءة، ثم تقوم بنفس الطريقة بقياس شدة الضوء وقت الكسوف الكلي. والفارق بين القراءتين هو تقدير رياضي لمقدار النقص في شدة الإضاءة.

(٢٣) تذكر أن سرعة الضوء هي ٣١١,٦٦٧ كم/ثا، أي ١٨,٧٠٠,٠٠٠ كم في الدقيقة.

وأخيراً و﴿الشَّمسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ﴾ (الآية ٣٨، من سورة يسٓ). وقد ثبت اليوم أن الشمس تدور حول نفسها كما تتحرك بشكل ثابت بسرعة ٢٥٠ كم/ثا، جارّة معها مجموعة الكواكب الشمسية باتجاه نجم الصليب الشمالي، وهي تنتقل ظاهرياً، إذا راقبناها من الأرض في دائرة عظمى تسمى دائرة البروج[٢٤]. (أنظر الشكل رقم ١٥).



الشكل رقم (١٥)
دائرة البروج (Ecliptic)

---

(٢٤) سندرس الأمر بتفصيل عند دراسة حركة الأرض حول الشمس.

الباب الثاني

الكواكب أو السيارات

الفصل الأول: معلومات عامة عن الكواكب.

(أ) مداراتها.

(ب) بعدها.

(ج) حجم الكواكب وأشكالها وأقطارها.

(د) حركتا الكواكب: العادية والحركة التقهقرية.

الفصل الثاني: خصائص الكواكب.

١ ـ الكواكب الخارجة:

ـ عطارد.

ـ الزهرة.

ـ الأرض.

ـ المريخ.

٢ ـ الكواكب الداخلة:

ـ الكويكبات.

ـ المشتري.

ـ زحل.

ـ أورانوس.

ـ نبتون.

ـ بلوتو.

الفصل الثالث: المذنبات والشهب.

١ ـ المذنبات:

ـ تركيبها.

ـ حركتها.

ـ حياتها.

٢ ـ الشهب: ماهيتها ـ مصدرها.

٣ ـ النيازك:

ـ النيازك الحديدية.

ـ النيازك الصخرية.

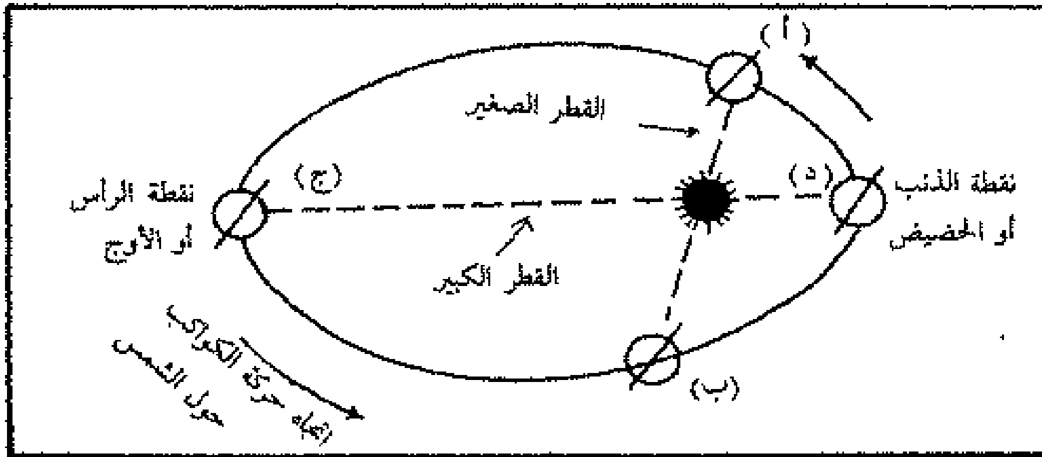
ـ النيازك الصخرية الحديدية.

الفصل الأول

معلومات عامة عن الكواكب

(أ) مدارات الكواكب:

تدور جميع الكواكب دون استثناء في مدارات اهليلجية تشبه القطع الناقص، ولكن قطرها الكبير لا يزيد إلاّ قليلاً عن القطر الصغير، وتقع الشمس بالنسبة لهذه المدارات في إحدى بؤرتي القطر الكبير، أي أن الكوكب يكون أقرب ما يكون عندما يمر في النقطتين (أ ، ب) وأبعد ما يكون عن الشمس عندما يمر في النقطتين (د ، ج). (أنظر الشكل رقم ١٦).



الشكل رقم (١٦)
مدار مبسط لأحد الكواكب حول الشمس

وتقع مدارات هذه الكواكب في مستوى واحد، عدا الكوكب (بلوتو) الذي يزيد ميل مستوى مداره عن المستوى المشترك حوالي (٨°) درجات. أي أن كواكب المجموعة الشمسية تدور أثناء حركتها حول الشمس في شريط ضيق لا يتجاوز عرضه ثماني درجات تحيط بدائرة البروج.

وكل هذه الكواكب تدور حول الشمس من الغرب إلى الشرق عدا كوكب الزهرة، الذي بينت سفن الفضاء، التي أطلقها البشر باتجاهه، بأنه يدور في حركة عكسية، أي من الشرق إلى الغرب. وهذا ما لم يجد له علماء الفلك حتى الآن تفسيراً. وبالطبع فإن الكواكب تتبع في دورانها هذه حركة الشمس نفسها، التي تدور على محور وهي من الغرب إلى الشرق أيضاً.

(ب) بُعْدُ الكواكب:

يمكن من الشكل رقم (٢ و٣)، أن تروا بأن الكواكب تقع على مسافات مختلفة من الشمس، وأقربها إليها هو (عطارد)، وأبعدها هو الكوكب (بلوتو). وقد حاول علماء الفلك منذ القديم قياس المسافة الفاصلة بين كل من هذه الكواكب والشمس، وقد اتفقت آراؤهم على اعتبار بُعْدُ الأرض عن الشمس وحدة قياسية، يقاس وفقها بُعْدُ الكواكب الأخرى عن الشمس. وقد أطلقوا على هذه الوحدة اسم «الوحدة الفلكية»، وقدّروها عن طريق سرعة الضوء بالثانية، وهو ٣١١,٦٦٧ كم.

هذا، ولما كانت أشعة الشمس تصل الأرض بعد شروقها بأكثر من ثماني دقائق بقليل، فقد توصّل العلماء إلى أن البعد الوسطي للأرض عن الشمس هو ٩٢,٩ مليون ميل، أو ١٤٩,٣٩ مليون كم.

وهكذا تمكّن العلماء من تحديد البُعْدُ الوسطي بين جميع كواكب المجموعة الشمسية والشمس. (أنظر الجدول الملحق بآخر الكتاب).

هذا، وفي عام ١١٨٦ هـ (١٧٧٢م) قام عالم فلكي ألماني يدعى (بود ـ Johann Bode) بجهود لوضع صيغة لبُعْد الكواكب عن الشمس، علماً

بأن آخر الكواكب المعروفة حتى ذلك التاريخ كان الكوكب زُحل. وقد توصل بطريقة حسابية إلى الصيغة التالية:

إفترض أن بُعْد الكواكب عن الشمس تنتظم وفق السلسلة التالية:

٠ ـ ٣ ـ ٦ ـ ١٢ ـ ٢٤ ـ ٤٨ ـ ٩٦ ـ ١٩٢ ـ ٣٨٤

ثم أضاف العدد (٤) إلى كل من الحدود السابقة، فحصل على الآتي:

٤ ـ ٧ ـ ١٠ ـ ١٦ ـ ٢٨ ـ ٥٢ ـ ١٠٠ ـ ١٩٦ ـ ٣٨٨

ثم قسم العدد الجديد على (١٠) فحصل على أبعاد الكواكب مقدرة بالوحدة الفلكية. أي بُعْد الأرض عن الشمس والتي تساوي (١) وأصبح البُعْد كما يلي:

(٠,٤) ـ (٠,٧) ـ (١) ـ (١,٦) ـ (٢,٨) ـ (٥,٢) ـ (١٠) ـ (١٩,٦) ـ (٣٨,٨)

وإذا قارنّا الأرقام التي توصّل إليها (بود) مع الأرقام الواردة في الجدول الملحق، لوجدنا أنها قريبة جداً من الواقع، وأن الشذوذ الوحيد فيها هو وجود الرقم (٢,٨) بين المريخ والمشتري، وغياب الرقم الدال على الكوكب نبتون. وقد رجح (بود) أن الرقم (٢,٨) هذا قد يكون دالاً على كوكب غير معروف حتى ذلك الوقت.. أما غياب الرقم الدال على نبتون وهو (٣٠) فلم يُعِرْهُ أحد انتباهاً، لأن الكواكب الواقعة وراء مدار زحل لم تكن قد اكتُشِفَتْ بعد.

وقد أثارت فرضية (بود) هذه اهتمام علماء الفلك، فأخذوا يبحثون عن كواكب أخرى فيما وراء (زحل) حتى كان عام ١١٩٦ هـ (١٧٨١م)، حيث تم اكتشاف الكوكب (أورانوس) على مسافة فلكية قدرها (١٩,١٩) وحدة، مما أعطى فرضية (بود) قيمة علمية.. وتتابع الكشف، فاكتشف علماء الفلك الكوكب نبتون ولكن على مسافة فلكية لم يذكرها (بود)، ثم تم اكتشاف الكوكب (بلوتو) على بُعْد (٣٩,٤٨) وحدة فلكية وهو رقم قريب من الرقم الذي أورده بود في فرضيته.

وبقي موضوع الرقم (٢،٨) يحير العلماء، ولكن مع تقدم العلم واختراع مناظير ممتازة للرصد، توصّل العلماء إلى وجود نطاق من (الكويكبات) تدور في مدار خاص بها حول الشمس يقع بين المريخ والمشتري.

(ج) حجم الكواكب وأشكالها وأقطارها:

لو نظرنا إلى الشكل رقم (١٧)، لوجدنا أن كوكب الأرض ليس أكبر كواكب المجموعة الشمسية، كما أنه ليس أصغرها.. فأكبرها هو (المشتري) وأصغرها هو (عطارد).

وأن حجم الكواكب يصغر تدريجياً بين المشتري والشمس، عدا المريخ الذي هو أصغر من الأرض قليلاً، كما يصغر بين (المشتري) والكوكب (بلوتو)، وهذا ما دفع علماء الفلك للبحث عن هذا التوزع المتناسق تقريباً.

أما من حيث الشكل فجميعها كروي، ولكنها ليست تامة الاستدارة، فكلها يتميز بانضغاط في منطقة القطبين وانتفاخ في منطقة الاستواء.

ويعلل العلماء هذا الأمر بسبب دورانها حول نفسها، مما يؤدي إلى انتفاخ المنطقة الاستوائية وبالتالي انضغاط بالمنطقة القطبية.

ولكن أغربها في الشكل، بغير شك، هو الكوكب (زحل) الذي تحيط به في منطقة استوائه حلقات تدور حوله. وتبين للعلماء أخيراً عام (١٤٠١هـ /١٩٨١م) من الصور التي أرسلتها سفينة الفضاء (فسوياجير ـ ١) و(فوياجير ـ ٢) أنها تتألف من سحب متجمدة ومواد أخرى متفككة، يبلغ عرضها عرض الولايات المتحدة، تحجب رؤية المنطقة الاستوائية منه.

وقد توضح هذا الأمر من مئات الصور التي التقطتها الكاميرا التليفزيونية الموضوعة في كلتا السفينتين.

هذا، وقد توصل علماء الفلك إلى وضع جدول يبين بشكل تقريبي كتلة مختلف الكواكب وأقطارها بالنسبة لكتلة وقطر الأرض، معتمدين على كتلة الأرض وقطرها كوحدة قياسية. (أنظر الجدول رقم (١) الملحق بآخر الكتاب).

الشمس
عطارد
الزهرة
الأرض
المريخ
المشتري
زحل
أورانوس
نبتون
بلوتو

الشكل رقم (١٧)
الأحجام النسبية لأفراد المجموعة الشمسية

(د) حركتا الكواكب العادية والتقهقرية:

في القسم الأول من هذا الفصل، عرفنا أن الكواكب أجرام صخرية معتمة لا تضيء بذاتها، وإنما تستمد نورها من ضوء الشمس، وأنها تختلف عن بعضها البعض في الحجم والكثافة والكتلة والبُعْد عن الشمس.

ونظراً لتغير أوضاعها في السماء، فقد سماها الأقدمون (المتجولات)[٢٦]، وذلك تمييزاً لها عن النجوم الثوابت التي لا تتغير أوضاعها بسرعة مرئية. وقبل اكتشاف التليسكوب (المنظار المقرب) لم يكن البشر يعرفون غير خمسة منها، وهي الأقرب إلى الأرض، والتي تتألق في الليل بدرجة كافية تسمح برصدها بالعين المجردة أو بمناظير بدائية. وهذه الكواكب الخمسة هي: (عطارد، الزهرة، المريخ، المشتري، وزحل). وقد أضيف إليها اليوم (الأرض، أورانوس، نبتون، وبلوتو). ويصعب عادة رصد الثلاثة الأخيرة منها، وذلك لعدم تألقها بدرجة كافية.

فالكوكب (بلوتو) مثلاً يبعد عن الأرض ٤٨٢٦ مليون كم، ومع ذلك فهو لا يُرى بدرجة كافية من الوضوح. بينما نجد أن أقرب النجوم إلينا وهو الملازم «رجل قنطورس» وهو أبعد من بلوتو بكثير، أي على مسافة ٤٢,٨٢٤ مليون مليون كم، يُرى بسهولة أكثر بسبب تألقه الكبير.

ومن المحتمل أن يكون للنجوم كواكب سيارة تدور حولها كالكواكب التي تدور حول الشمس، ولكننا لا نستطيع حتى الآن أن نجزم بالأمر رغم المناظير المكبرة الهائلة التي تُستعمل الآن في عمليات الرصد.

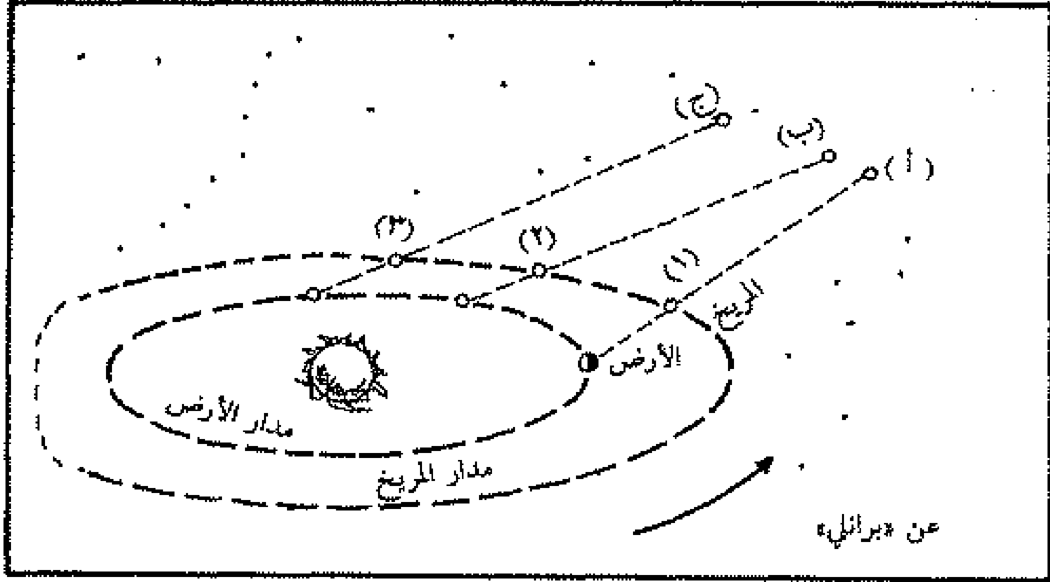
---

(٢٦) ترجمة للفظ إغريقي (بلانيت ـ Planet).

ويمكن لنا أن نفسر «تجول» الكواكب بين النجوم بالآتي:

☐ **حركة الكواكب العادية:**

لنأخذ الأرض والمريخ كمثالين: ولنتصور أننا نرصد المريخ من الأرض عندما تكون الأرض والمريخ في الوضع (١) (أنظر الشكل رقم ١٨).



الشكل رقم (١٨)
حركة الكواكب بين المجموعة الشمسية

وفي هذا الوضع يبدو المريخ ضمن مجموعة معينة من النجوم «الكوكبات النجمية». وبمضي الوقت تقطع الأرض والمريخ مسافة ما من مداريهما حول الشمس. وبسبب اختلاف سرعتيهما وطول مداريهما، تختلف أوضاعهما (الوضع ٢). وهنا يبدو المريخ ضمن مجموعة أخرى من النجوم. وكذلك عند انتقال الكوكبين إلى (الوضع ٣).

وتسبح الكواكب مثلها مثل الأرض حول الشمس، ولهذا نراها دائمًا في نفس المستوى على وجه التقريب مع الشمس وعلى كثب مما يدعى «الدائرة الكسوفية» أو دائرة البروج.

ولكن نظراً لميل محور الأرض، تكون الزاوية التي ننظر إليها إلى هذا المستوى خلال الليل بعكس زاوية النظر في النهار. . فبينما تكون دائرة الكسوف عالية في النهار، تصبح منخفضة في الليل. والسبب يعود إلى أن الشمس في الليل تكون تحت الأفق.

وإذا رصدنا الكواكب، كالمريخ والمشتري وزحل (باستثناء الزهرة)، يلاحظ أنها تشرق من الشرق وتغيب في الغرب. كما تفعل الشمس ويفعل القمر، ولكن هذه الحركة ليست في الواقع إلا حركة ظاهرية سببها دوران الأرض.

وعلى أية حال، فالكواكب تتحرك بالفعل وتتغير بذلك مناظر النجوم الثوابت خلفها مع تغير أوضاعها. . وجميعها تتحرك باتجاه مضاد لاتجاه تحرك عقارب الساعة (عدا الزهرة)، لذلك يقول الفلكيون أن الكواكب تسبح حول الشمس من الغرب إلى الشرق.

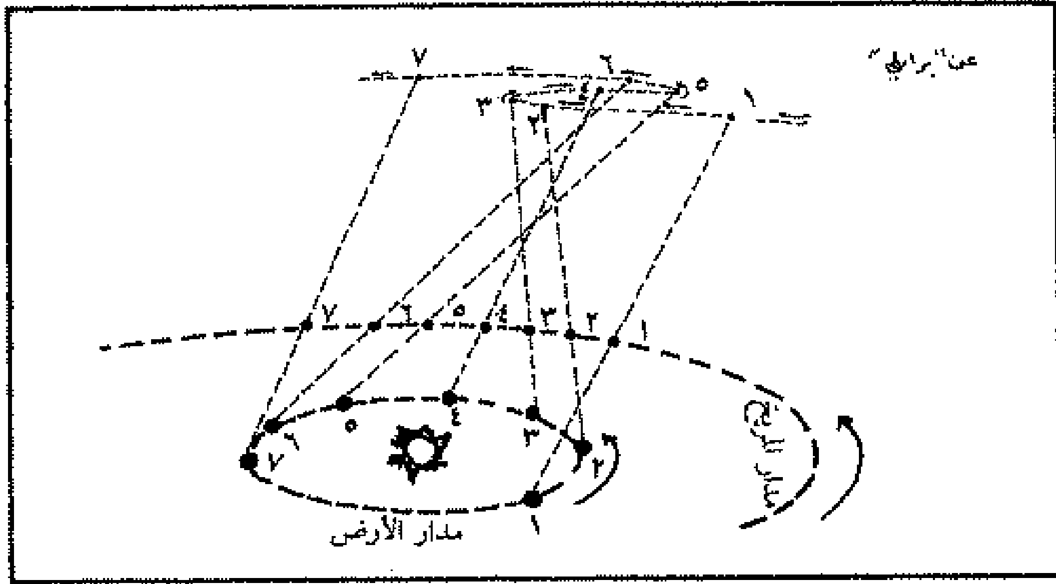
☐ الحركة التقهقرية:

إذا عمدنا إلى رصد كوكب ما، بدا لنا أن حركته غير ثابتة، إذ يظهر لنا أحياناً وكأنه ثابت لا يتحرك، أو أنه يسير بحركة معاكسة لحركته الأساسية خلال أسابيع معدودات، يعود بعدها إلى حركته الأصلية من الغرب إلى الشرق. وبالطبع فنحن نعلم علم اليقين أنه لا سبيل إلى وقوف أي كوكب عن الحركة(*). . كما أنه لا سبيل لدخوله في دورة عكسية. . ولهذا فإن التوقف عن الحركة أو التحرك بعكس الحركة الدائمة ما هي إلا أمور ظاهرية أطلق عليها العلماء اسم الحركة التقهقرية. . أو الحركة التراجعية.

وسبب هذه الحركة هو أن كوكبنا الأرض لا يدور حول الشمس بنفس السرعة التي يدور بها الكوكب المرصود.

(*) الآية: ﴿وكل في فلك يسبحون﴾.

فالأرض تسبح في مدارها حول الشمس بمعدل سرعة قدرها ٢٩,٧٦ كم في الثانية.. بينما تبلغ سرعة المريخ في سبحه ٢٤,١٣ كم في الثانية. وتتم الأرض دورتها حول الشمس في ٣٦٥,٢٥ يوماً، في حين يحتاج المريخ إلى ٦٨٧ يوماً.. بسبب طول مداره حول الشمس. و (الشكل رقم ١٩)، يحاول بيان السبب الذي يبدو لنا المريخ فيه وهو يتحرك من الغرب إلى الشرق



الشكل رقم (١٩)
الحركة التراجعية

ثم يبدو وكأنما يأخذ اتجاهاً معاكساً لتلك الحركة ثم يعود بعد ذلك إلى حركته الأولى.

تبين الدائرة الداخلية في هذا الشكل موقع الأرض على مدارها خلال سبعة أشهر متوالية أما الخارجية فتبين مكان المريخ على مداره في نفس الفترة.

ففي الأوضاع (١)، (٢)، (٣) تبدو لنا حركة المريخ من الغرب إلى الشرق، أما في الأوضاع (٤)، (٥) فنراه وكأنه يعكس حركته أي يظهر وكأنه يتحرك من الشرق إلى الغرب (الحركة التراجعية). ولكن في الوضعين (٦)،

(٧) نراه وكأنه يعود مرة أخرى إلى مساره من الغرب إلى الشرق. وبالطبع فإن بُعْدَ هذه الكواكب أو قربها من الشمس وكذلك اختلاف أقطارها وسرعة دورانها وأحجامها؛ كلها أثرت وتؤثر في المظاهر المرصودة على سطحها. . «ويلخص الجدول رقم (١ و٢) الملحقين بآخر الكتاب المعلومات العامة التي لا بد من معرفتها لفهم هذه الكواكب»[٢٧].



---

(٢٧) عن كتاب «رحلة عبر الكون»، مدخل إلى علم الفلك، لتوماس. ل. سويهارت، الناشر: هاوغتون ميفلين كومباني، بوسطن، ١٩٧٨ م.

وكذلك عن كتاب «مبادىء علم الفلك»، لفرانكلين م. برانلي، ترجمة د. الفندي، الناشر: فرانكلين للطباعة، القاهرة ١٩٦٣ م.

وقد قمنا بتحويل الأرقام الواردة في الجداول بعد مقارنتها بأحدث المعلومات وإدخال التصحيح اللازم على أساس أن الميل = ١٦٠٨ متراً.

الفصل الثاني

خصائص الكواكب

١ ـ الكواكب الداخلة:

□ عطارد:

هو أصغر الكواكب وأقربها إلى الشمس. لذلك كان الإشعاع عليه شديداً. وتبلغ شدة الإشعاع الشمسي عليه خمسة أمثال شدته على الأرض، حينها يكون في نقطة الذنب (الحضيض) من مداره حول الشمس، وعشرة أمثالها عندما يكون في نقطة الرأس (الأوج)

وتصل درجة الحرارة عند خط استوائه إلى نحو (٣٤٥°) مئوية، ولكنها تهبط أثناء ليله الطويل إلى (− ١٨٥°) مئوية. وتدل درجات الحرارة هذه على خلوه من جو مماثل للجو الأرضي، إذ لو كان له جو كجونا لحماه من شدة الأشعة ولحماه أيضاً من اشعاع الحرارة بشكل كبير.

وتبلغ جاذبية عطارد ثلث جاذبية الأرض، ويؤدي هذا الأمر.. وكذلك ارتفاع درجة الحرارة عليه إلى هروب معظم الغازات منه وتحركها بسرعة باتجاه الفضاء الخارجي.

ولم يستطع حتى اليوم أي من الفلكيين رؤيته بوضوح وبشكله الحقيقي على الرغم من قربه النسبي من الأرض، وذلك بسبب قربه الكبير من الشمس، إذ يقوم وهجها في معظم الأحيان بابتلاعه فلا يبين للعين المجردة.

وأحياناً قد يرى من الأرض ولكن لفترة قصيرة في المساء وعقب غروب الشمس مباشرة أو في الصباح الباكر قبل الفجر مباشرة. ولهذا سماه القدماء بـ (أبولو). . إلا أن جو الأرض المملوء بالأتربة والغبار، غالباً ما يحجبه عندما يظهر في الأفق، ولذلك كان تصويره من الصعوبة بمكان.

وقد اعتقد الفلكيون الذين كانوا ينتظرون بفارغ صبر رؤية بعض ملامحه من التماع وظلمة، والتي كانوا يظنون أنهم يروها عند مراقبته، إن هذا الكوكب يواجه الشمس بجانب واحد منه باستمرار شأنه شأن قمرنا الأرضي. كما ظن كثير من العلماء ولمدة طويلة أن دورتي عطارد السنوية واليومية متعاصرتان، بمعنى أنه يدور حول نفسه في نفس الوقت والزمن الذي يدور فيه حول الشمس.

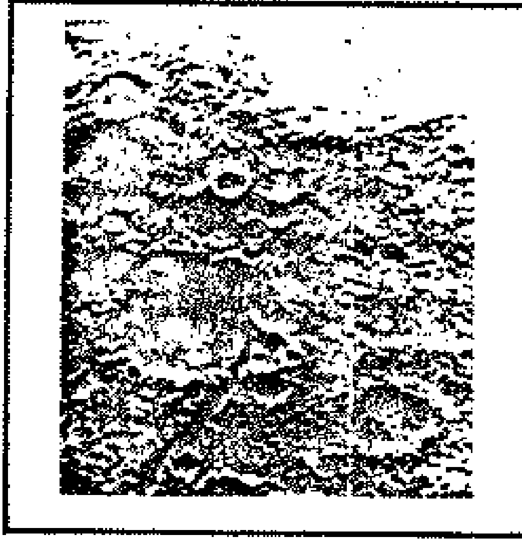
ولكن ما إن جاء عام(١٣٨٥ هـ /١٩٦٥ م) حتى أعلن (غوردن بتنغيل) (Pittengale) في بورتوريكو، أن دورة الكوكب حول محوره تتم في حوالي (٥٩ يوماً)، وهذه المدة تعادل ثلثي الثمانية والثمانين (٨٨) يوماً التي يدور فيها حول الشمس. ومعنى هذا أن عطارد يدور ثلاث مرات حول نفسه، مقابل دورتين اثنتين حول الشمس. ولهذا السبب كان الكوكب يبدو لمراقبيه من علماء الفلك بنفس الوجه والملامح تقريباً. . عندما يكون في أنسب مكان لرصده.

وهكذا تبين للعلماء أن سنة عطارد تقل عن ثلاثة أشهر أرضية، وأن يومه النجمي «كما يرى من النجوم» يعادل (٥٨,٦٥) يوماً أرضياً. أما يومه الشمسي (أي من الظهر إلى ظهر اليوم التالي) أو من منتصف الليل إلى منتصف الليل فهو بالضبط ضعف طول سنته أي (١٧٦) يوماً أرضياً.

هذا، ولقد كان لمثل هذا النمط من الدوران حول المحور وحول الشمس في مثل هذا الفلك أثره الغريب في حركة الشمس الظاهرية بالنسبة لعطارد، فلو كُنا على هذا الكوكب وقت الفجر، وكان الكوكب في نقطة (الأوج) من مداره فإننا سوف نرى الشمس تشرق وتبقى في السماء لوقت قصير، ثم تغيب أسفل الأفق لتشرق مرة أخرى.

وتدل المعلومات التي سمحت الولايات المتحدة بتسربها عن طبيعة سطح

عطارد والتي كانت قد جمعتها سفينة الفضاء الأميركية (مارينر) في تشرين الثاني (نوفمبر ١٣٩٣ هـ /١٩٧٣ م)، أن سطح هذا الكوكب شبيه بسطح القمر، فقد بينت الصور التليفزيونية الملتقطة عندما اقتربت سفينة الفضاء منه، على وجود فوهات بركانية تحيط بها هوامش مرتفعة، كما تكتنف سطحه حفر كونية يظن أنها ناجمة عن سقوط النيازك والشهب على سطحه. (أنظر الشكل رقم ٢٠).



الشكل رقم (٢٠)
عطارد ــ جزء من السطح
التقطه السفينة (مارينر ١٠)

(عن ناسا)

ويشير (الرادار) الذي استعمل في رصد هذا الكوكب إلى وجود مساحات كبيرة من الأرض الوعرة على سطحه.

يبقى أخيراً، أن نشير إلى أن كل الشواهد تدل على انعدام الحياة فوق أرضه، بسبب انعدام الشروط الملائمة لها.

□ الزُهرة:

تدل المعلومات التي جمعها الإنسان من أجهزة الرادار الحساسة وكذلك من سفن الفضاء الروسية والأمريكية، أنه كوكب قاحل لا حياة فيه.. ويعتقد أن السبب كامن في (جوه) الغازي الذي يتألف بنسبة (٩٥ ٪) منه، من ثاني أكسيد الكربون (CO^2) وفي ارتفاع ضغطه الجوي ارتفاعاً كبيراً والذي قام بسحق الأجهزة التي أسقطت عليه كما تسحق قشور البيض.

وترتفع السحب في جوه إلى (٥٦ كم) عن السطح. ويؤدي ارتفاع السحب فيه إلى حجب قسم كبير من ضوء الشمس عنه، تماماً كما يصنع الضباب على الأرض، كما يؤدي إلى احتفاظ الكوكب بالحرارة التي يشعها سطحه، مما يجعل جوه اشبه بجو التنور (الفرن الملتهب).. وتنتشر هذه الحرارة على شكل موجات حرارية طويلة ولولا كثافة الجو فيه لكانت الحرارة قد تناقصت وتبرد الكوكب.

وفي حرارة تماثل حرارة الزهرة، ينصهر الرصاص والقصدير وحتى الزجاج[٢٨] لو وُجِدَ ولذلك يتبخر فوق سطحه العديد من المركبات الكيماوية.

وقد بيَّنت الأجهزة الحساسة التي حملتها معها سفينة الفضاء (مارينر ١٠ عام ١٣٩٤ هـ ـ ١٩٧٤ م) إلى وجود بخار الماء في طبقات الجو العليا، ولكن نسبتها لا تتجاوز (١) بالألف من بخار الماء على سطح الأرض. كما يوجد في جوه القليل من الأوكسجين. وتكون حرارة هذه الطبقات (-٢٧°) مئوية.. أما طبقات الجو الوسطى فذات حرارة معتدلة ومحتملة، ولكن حرارة سطح الكوكب تصل إلى حوالي (٤٥٠°) مئوية.

وحتى الآن لم يستطع العلماء معرفة ما إذا كان على الكوكب ذرات مائية أو بلورات أو تراب.

ويظن بعض العلماء بوجود مركبات الزئبق، وشكل من أشكال أملاح الحديد (كلوريد الحديد) على سطحه، مما يعطي هذا الكوكب لونه (الأصفر).

وقد اعتقد العلماء طويلاً أن سطح الزهرة مستوٍ خال من أية ارتفاعات أو انخفاضات، ولكن اكتشف مؤخراً وجود سلسلة جبلية منخفضة عليه. وعلى العموم فسطح الكوكب هيِّن الانحدار ولكن البقع المشرقة التي تظهر على الرادار قد تدل على وعورة سطحه.

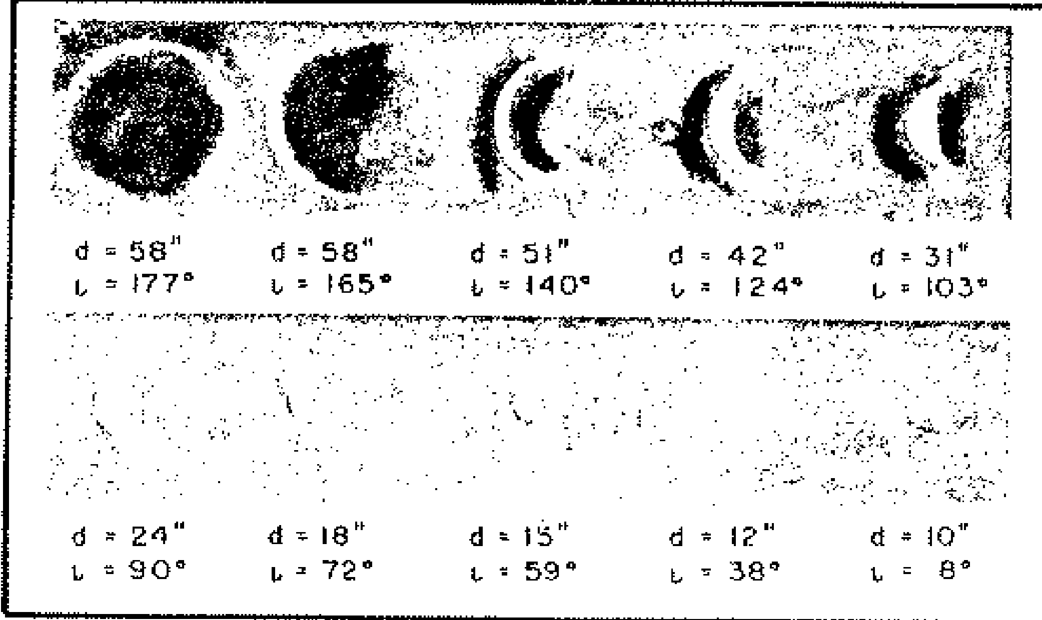
وقد بيَّنت هذه الأجهزة على أن دورة الكوكب حول نفسه تتم في (٢٤٣ يوماً) أرضياً، وأنه يدور في اتجاه عقارب الساعة أي من الشرق إلى

(٢٨) يحتاج الزجاج حتى ينصهر إلى حوالي (١٢٠٠°) مئوية.

الغرب على عكس الكواكب الأخرى ودورته العكسية هذه بطيئة جداً. ويتم الكوكب دورته حول الشمس في (**٢٢٥ يوماً**) أرضياً، لذلك فإن الشمس **تشرق عليه من الغرب** كل (**١١٧ يوماً**) أرضياً.

وقد أظهرت الموجات الرادارية التي استطاعت اختراق جو الزُهرة ثم انعكست عائدة إلى الأرض، أن سطح هذا الكوكب يدور ببطء كبير إذا ما قورن بدوران طبقات الجو العليا فيه، فهذه الطبقات تدور بسرعة كبيرة حول الكوكب لا تتجاوز أربعة أيام. وقد يعني هذا أن سطح الزُهرة تملؤه دوامات شديدة من الريح.

وتظهر الزهرة مساء عندما تكون خلف الشمس وتسمى نجم المساء، ولكن عندما تصبح بين الأرض والشمس، أي في الصباح فإنها تسمى نجم الصباح. وتكون الزهرة نجم مساء لمدة عشرة أشهر.. ثم نجم صباح لمدة عشرة أشهر أخرى وهكذا دواليك. ومن خلال المرقب تظهر الزهرة شبيهة بالقمر. فالكوكب أحياناً يظهر كاملاً كالبدر (أنظر الشكل رقم **٢١**) ولكنه يظهر



الشكل رقم (٢١)
القطر الزاوي للزهرة ووجوهها المختلفة مأخوذة من نقاط عديدة على مداره
(عن مرقب جامعة نيومكسيكو)

غالباً على شكل هلال، أي تربيع وتحديب، على غرار أوجه القمر.. حيث تضيء الشمس النصف فقط من هذه (الكرة) ونحن لا نرى غالباً إلا جزءاً من هذا النصف.. (أنظر الشكل رقم ٢١).

□ الأرض:(٢٩)

لا زال العلماء يظنون أن الأرض هي الكوكب الوحيد الذي سعد بظروف جوية ملائمة لسكن الإنسان.

ولكن لو حاولنا أن نصف هذا الكوكب من خارج الغلاف الجوي، لبدا لنا تماماً كما بدا لرجال الفضاء ولأجهزة سفن الفضاء التي تنطلق من الأرض باتجاه الكواكب الأخرى.

فالأرض كوكب فريد له قمر واحد(٣٠) يبعد عنه (٣٨٤,٣٩٥) كم - يضرب لونه إلى البياض والزرقة.. ويغطي الماء ٧٣٪ من سطحه، وتنتشر في غلافه الغازي السحب على شكل حلزوني تحجب الرؤية.

ويتألف جوه من ٧٨٪ من غاز النيتروجين، و٢١٪ من غاز الاوكسجين المساعد على التنفس، و١٪ من غاز الأرغون وثاني أوكسيد الكربون (CO^2) وغازات عديدة نادرة أخرى كالهيدروجين والهليوم. وتمتلىء طبقات الجو العليا بالغبار الناعم والدقيق، إضافة إلى نسبة من بخار الماء تتفاوت من مكان إلى آخر ومن فصل إلى فصل.

ويبلغ متوسط الضغط الجوي فوقه ٦,٦١٥ كغ على البوصة المربعة (٦,٢٥ سم)، أو أكثر من كيلوغرام على السنتمر المربع الواحد.

---

(٢٩) سنورد هنا معلومات تتعلق بالأرض ككوكب، وسيخصص لدراستها بصورة أكثر تفصيلاً فصول أخرى. (أنظر: الباب الثالث).

(٣٠) سندرس القمر في فصل مقبل من هذا الكتاب (أنظر: الفصل الخامس من الباب الثالث).

ويحجز جو الأرض بما فيه من غبار وبخار ماء جزءاً من شعاع الشمس التي تبعد عن كوكبنا بمقدار (١٤٩,٣٩) مليون كم وسطياً.

ويتميز كوكب الأرض عن غيره من الكواكب بقوة جاذبيته، لذلك فهو يجتذب إلى سطحه كثيراً من النيازك والشهب التي تصل إلى جوه، ولكن معظم هذه الأجسام تحترق في جوه الأعلى قبل اصطدامها بالأرض[٣١].

ويصيب هذا الكوكب تغيرات حرارية صغيرة قرب سطحه وأكثر جهاته برودة نلقاها عند القطبين حيث تتجمد المياه، وتصل النهاية الصغرى للحرارة إلى (− ٨٨°) مئوية في القطب الجنوبي. أما أكثر جهاته حرارة، فتقع شمال الاستواء حيث تصل النهاية العظمى إلى (٥٧°) مئوية في الصحراء الكبرى.

وتملأ كوكب الأرض المزارع والقنوات والمياه السائلة، ويلاحظ عليه تغيرات فصلية للحرارة والنبات. ويعلل ذلك بميل محور هذا الكوكب على مداره حول الشمس، ويتم كوكب الأرض دورته حول الشمس بـ(٣٦٥,٢٥) يوماً، ومدار الأرض حول الشمس اهليلجي الشكل، لذلك فإن المسافة بين الشمس والأرض لا تكون متساوية تماماً في المواقع المختلفة على طول هذا المدار الاهليلجي. ويطلق على أقرب نقطة للأرض عن الشمس اسم نقطة الحضيض، ويبلغ بعدها عن الشمس نحو ١٤٧ مليون كم. . . في حين يطلق على أبعد نقطة للأرض عن الشمس اسم نقطة الأوج، ويبلغ بعدها نحو ١٥٢ مليون كم. .

وتدور الأرض حول محورها الوهمي دورة واحدة كاملة كل ٢٣ ساعة و٥٦ دقيقة و ٤ ثوان. . وتعد هذه المدة الزمنية هي المدة الفاصلة بين رؤية نجم ثابت ثم رؤيته مرة ثانية من نفس المكان على الأرض، وتسمى هذه المدة باليوم النجمي. . أما اليوم الشمسي فإنه أطول من اليوم النجمي بـ٣ دقائق

---

(٣١) لاحظ قدرة الله عز وجل الذي حمى الأرض بهذا الغلاف. . .

و ٥٦ ثانية (٢٤ ساعة تماماً). ويحسب اليوم الشمسي بنفس حساب اليوم النجمي إلا أن النجم الثابت في هذه الحالة هو الشمس، أو بمعنى آخر يمكن القول أن اليوم الشمسي هو عبارة عن المدة التي تنقضي بين مرور الشمس على خط زوال واحد مرتين متتاليتين. (أنظر الشكل رقم ٢٢).

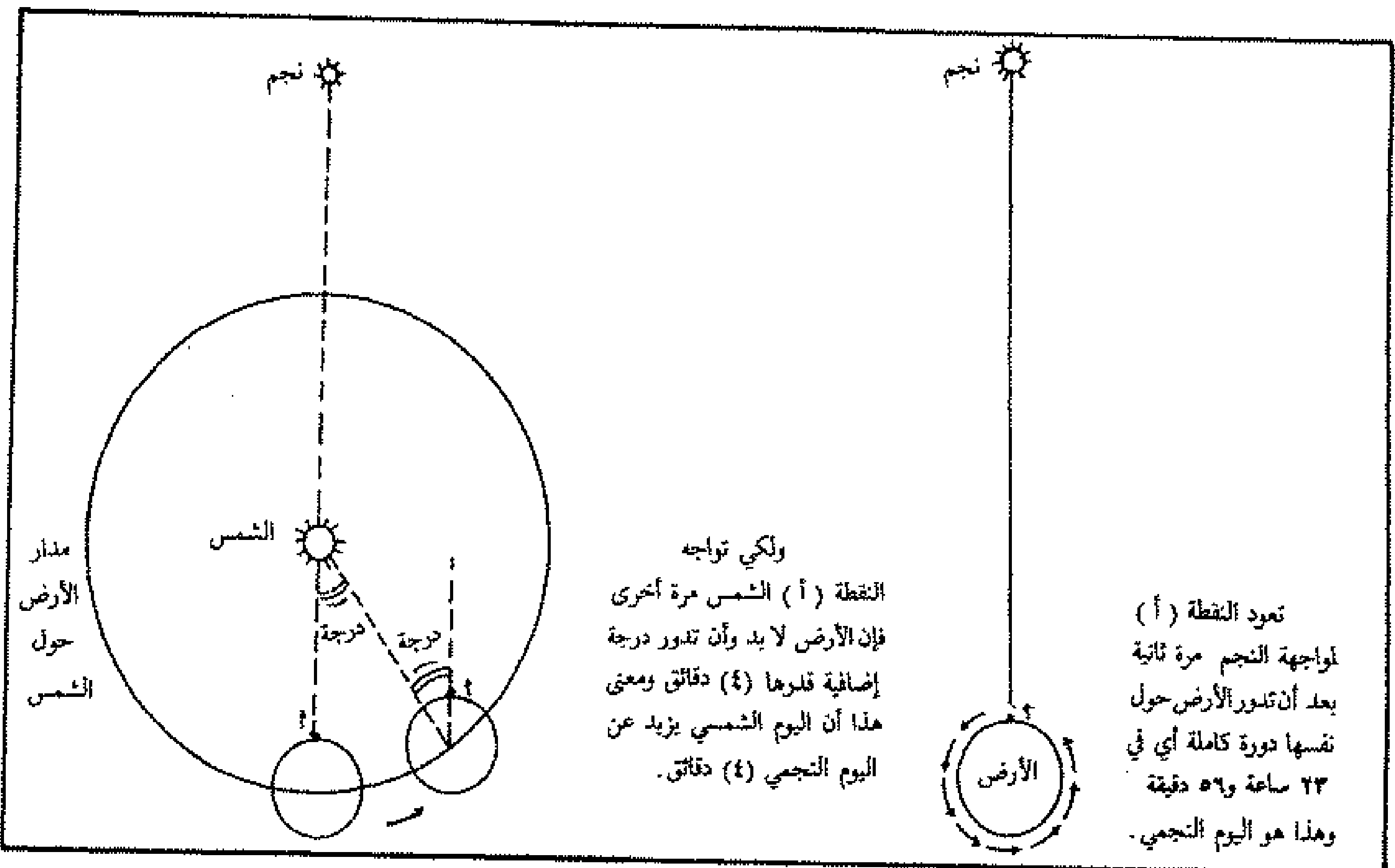
ولا يشعر الإنسان بحركة دوران الأرض حول محورها، ذلك لأن كل ما يحيط به يتحرك معه في نفس الإتجاه.. ولكن تختلف سرعة الدوران على سطح الأرض باختلاف الموقع بالنسبة لدوائر العرض المختلفة. فسرعة دوران الأرض عند نقطة القطب تكون معدومة، في حين تصل إلى نحو ٣١٢ متراً في الثانية عند دائرة عرض (٥٠°) (شمالاً أو جنوباً) وتبلغ أقصاها عند الدائرة الاستوائية، حيث تصل سرعة دوران الأرض إلى نحو ٤٦٥ متراً في الثانية.

ويتركب سطح الأرض أساساً من السليكيات (سليكات الألمنيوم) أو (Sial) وقد عمل الماء الجاري والرياح ومياه البحر على تشكيل مظاهر مورفولوجية خاصة به، لذلك نجد سهولاً في بعض المناطق ووعورة في مناطق أخرى.

ويتميز سطح الكوكب بمرتفعات شديدة الانحدار (جبال هيمالايا أكثر من ٧ آلاف متر) وكذلك بأعماق محيطية قد تصل إلى (١٣ كم) كما هو الحال في حفرة المحيط الهادىء.

وتهتز قشرة هذا الكوكب بين آن وآخر، وتتصدع مخرجة مواداً صخرية مائعة شديدة الحرارة من باطنه، مما يستدل معه أن الحرارة لا بد وأن تكون شديدة جداً في مركزه.

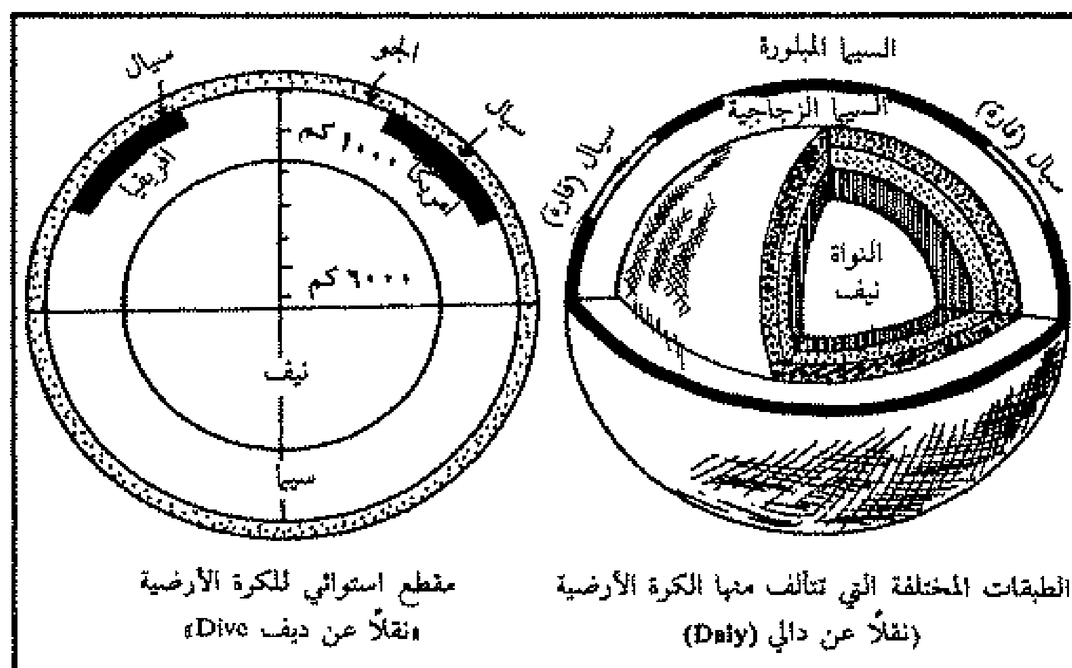
أما بطن هذا الكوكب وبحسب فرضية العالم الجيولوجي (سوز ـ Sucss) فيتألف من بنية أكثر كثافة من الطبقة السطحية دعاها باسم السيما = سليس ومنغنيز ـ (Sima).



الشكل رقم (٢٢)
دوران الأرض حول نفسها

بينما تتألف الطبقة العميقة والمركزية من مواد شديدة الكثافة، (النيكل والحديد) وسماها لذلك باسم (النيف ـ Nife)، (أنظر الشكل رقم ٢٣).

ولكن تركيب هذه النواة الحقيقي لا يزال غامضاً لجهل العلماء الحالة الفيزيائية للمادة حينما تخضع لضغط وحرارة هائلتين. .



الطبقات المختلفة التي تتألف منها الكرة الأرضية (نقلاً عن دالي (Daly)

مقطع استوائي للكرة الأرضية «نقلاً عن ديف Dive»

الشكل رقم (٢٣)
تركيب الأرض

وأما الحقائق التي اتفق العلماء عليها والتي أصبحت مؤيدة ببراهين عديدة ومختلفة فهي:

أولاً ـ أن داخل الأرض مركب من طبقات كروية تقريباً[٣٢] ذات مركز واحد وخصائص ثابتة في جميع نقاط الطبقة الواحدة ذاتها. ولكن هذه الطبقات

---

(٣٢) إن دوران الأرض حول نفسها يجعل المواد التي تتألف منها الكرة الأرضية تنفصل عن بعضها حسب وزنها النوعي. فالمواد الثقيلة تكون قرب النواة وهي النيف، ثم المواد الأقل كثافة وهي السيما ثم المواد الخفيفة وهي السيال. وترتصف هذه المواد فوق بعضها بسبب دوران الأرض على شكل طبقات كروية تقريباً ذات مركز واحد هو مركز الأرض.

تختلف مع العمق، وبين هذه الطبقات توجد سطوح انقطاع تنعكس عليها الموجات وتصاب بانكسار أثناء اجتيازها هذه السطوح. وأهمها يوجد على عمق يتراوح بين ٢٦ كم و ٧٠ كم عن سطح الأرض تحت القارات، ويقال له سطح انقطاع «موهوروفيسيك» (Mohorovicic) «ويسبب هذا السطح تغييراً في سرعة الموجات الطولانية والعرضانية التي تجتازه».

ثانياً ــ من المؤكد تقريباً وجود طبقات متتالية تحت الرسوبيات التي تجلل القارات وهذه الطبقات المتتالية، هي:

(أ) طبقة غرانيتية هي «السيال» ذات كثافة تتراوح بين (٢,٧) و (٢,٩) وتمتد إلى عمق بين ١٥ كم و ٤٠ كم..

(ب) طبقة بازالتية هي (السيما) وكثافتها تساوي (٣,٣) تصل إلى سطح انقطاع «موهوروفيسيك»..

(ج) بعد هذا الانقطاع تستمر السيما ولكن صخورها تصبح أساسية (قاعدية) بنسبة قوية جداً حتى عمق (٢٩٠٠) كم وبعد هذا العمق فإننا نجهل كل شيء عن النواة وعما حولها إلا كثافتها المتراوحة بين (١٠، ١١) والتي تحمل ضغطاً يعادل: ٣,٥ × ١٠^{٦} كغ في السنتمتر المربع الواحد[٣٣]..

---

(٣٣) إن مثل هذا الضغط الهائل والبالغ (٣,٥ × (١٠)^{٦} كغ في السم^{٢} والذي ترافقه حرارة لا تقل عن ٢٠٠,٠٠٠ درجة مئوية قرب نواة الأرض (إذا ما استمرت الحرارة الأرضية في اطرادها مع تزايد العمق)، إن مثل هذا الضغط والحرارة معاً يجعلان ذرات المادة وجواهرها مفككة، والنوى محطمة والمادة عبارة عن سحب من النوى المحطمة وهذه السحب قابلة للضغط وبلوغ كثافة أكبر من كثافة النيكل (٨,٨). وهذا مما يجعل نواة الأرض من الناحية الميكانيكية البحتة كأنها كتلة غازية قابلة للضغط مرنة غير صلبة بالمعنى المطلق، وفي هذا تأييد تام لفرضية فيغنر القائمة على مرونة الكرة الأرضية بمجموعها. كما أن بلوغ نواة الأرض مثل هذه الكثافة أو أكبر منها ليس بالأمر المستغرب إذ ثبت أن المادة تحت تأثير الحرارة والضغط تبلغ في النجم المعروف بـ(رفيق الشِّعرى) كثافة تفوق كثافة الماء بآلاف المرات. وتظل على شكل كتلة غازية مضغوطة.

ثالثاً ــ أن القشرة الأرضية تحت البحار القارية تختلف في طبيعتها وكثافتها عما هي عليه تحت المحيطات الكبرى. وأن قعر المحيط الهادىء غير مغشى بطبقة من السيال، بل هو مؤلف من السيما وحدها تقريباً.

رابعاً ــ أن «تساوي الثقالة» (Isostasie) ليس فرضية ولا موضوعة (Postulat) جاء بها «فيغنر»، بل هو مبدأ علمي ثبت بتضافر براهين علم «فيزياء الكرة الأرضية»، وببراهين جيثولوجية وتاريخية (نهوض سكاندينافيا).

أما قوانين ثبات الثقالة فلا تزال فرضية، وإن كانت العلاقة الرياضية المعروفة بعلاقة (إري ــ Airy) البسيطة ذات نتائج جيدة ومصيبة[٣٤]..

خامساً ــ إن الكتل السيالية يمكنها أن تهتز شاقولياً وأفقياً بعضها بالنسبة إلى بعض مما يسبب فيها حفراً انهدامية محصورة بين صدوع وتختلف هذه الأخاديد اختلافاً كبيراً فمنها ما هو صغير كغور ليماني (Limagne) في فرنسا، ومنها ما هي متوسط الأبعاد كغور «الراين»، ومنها ما هو كبير جداً كأخدود البحيرات الكبرى الافريقية الذي سبب انفصال القاعدة العربية أي الجزيرة العربية عن قارة افريقيا والذي يستمر حتى شمال سوريا.

هذا ويشغل سطح هذا الكوكب عدد من البحار والقارات، وأن مياه البحار تغطي رقعة من سطح الأرض أكبر من القارات.

وتدل القياسات أن البحار تغطي ٧٣٪ من سطح الأرض[٣٥]. بينما

---

(٣٤) علاقة إري، هي:

$$\frac{٢,٧}{٣,٣ - ٢,٧} = \frac{٤,٥}{١}$$

٢,٧ = كثافة السيال ٣,٣ كثافة السيما.

٤,٥ نسبة عمق السيال في السيما أي ارتفاع السيال الظاهر فوق السيما.

(٣٥) تبلغ مساحة سطح الكرة الأرضية ٥١٠ ملايين كيلومتراً مربعاً تغطي البحار منها ٣٦٥ مليون كم^2، وتبلغ مساحة القارات كلها ١٤٤ مليون كم^2 أما البحار فإنها تحتل المساحات التالية من سطح الأرض: المحيط الهادىء ١٢٦,٨ مليون كم^2، المحيط المتجمد الجنوبي ٨٥,٥ مليون كم^2، المحيط الأطلسي ٥٨,٢ مليون كم^2، المحيط الهندي ٤٢,٤ مليون كم^2، المحيط المتجمد الشمالي ١٤ مليون كم^2 (عن دومارتون).

القارات لا تغطي إلا ٢٧ ٪ من هذا السطح أي أن البحار تفوق في مساحتها ثلاث مرات مساحة القارات تقريباً.

ويلاحظ أيضاً أن القارات تغطي ٤٠ ٪ من مساحة نصف الكرة الشمالي، بينما يشاهد أن البحار تغطي ٨٢ ٪ من مساحة نصف الكرة الجنوبي. وعلى ذلك فمساحة اليابس في نصف الكرة الشمالي تساوي (١٠٠) مليون كم². بينما لا تتجاوز مساحة اليابس في نصف الكرة الجنوبي (٤٥) مليون كم².

ولهذا التوزيع آثار عميقة على كل من المناخ والتُرَبْ والنبات والحيوان وبالتالي على الإنسان نفسه.

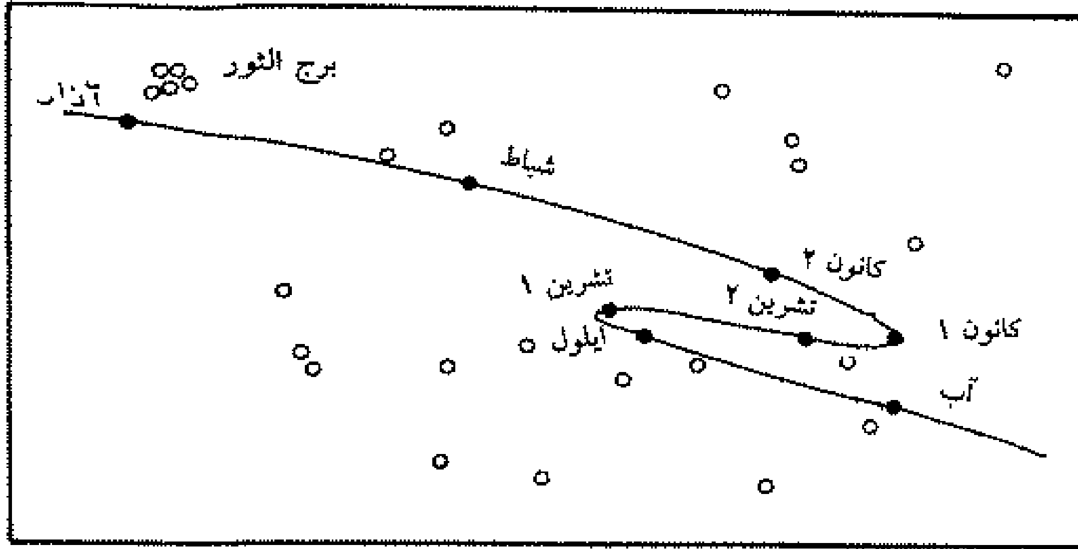
□ المريخ:

هو كوكب مُحْمَرُّ اللون كان يمثل لدى الإغريق والرومان (الحرب)، ولذلك كان الأقدمون يرمزون له (بالدرع والرمح). وللمريخ تابعان صغيران (قمران) لا يزيد قطر الواحد منهما على (١٦) كم، وهما قريبان جداً من سطح الكوكب لذلك تتعذر رؤيتهما إلا عند اقتراب الكوكب من الأرض كما كان ذلك عام ١٣٧٦ هـ (١٩٥٦م). وقد أطلق الإغريق عليهما إسم (آلهة الحرب) (فوبوس ـــ Fobus) أو (الرعب) و (دايموس ـــ Daimus) أو (الهول).

وأقربهما من المريخ لا يبعد بأكثر من (٤٠٠٠) كم عنه، وهو يدور حول الكوكب أكثر من ثلاث مرات في اليوم.. ولو قدر لنا زيارة المريخ لشاهدنا هذا القمر وهو يشرق من الغرب ويغيب في الشرق، ثلاث مرات في اليوم الواحد، أي أن حركته مشابهة لحركة الزهرة.. الكوكب الوحيد الذي يدور من الشرق إلى الغرب.

ويزيد يوم المريخ الشمسي عن يومنا بمقدار (٤٠) دقيقة. كما يميل محوره على فلكه بزيادة درجتين عن ميل محور الأرض بالنسبة لمدارها حول الشمس، أي أن محوره يميل حوالي (٢٥½) درجة. ولهذا السبب فإن التغيرات الفصلية

على سطحه لا بد وأن تكون قريبة الشبه بالتغيرات الفصلية على الأرض. (أنظر الشكل رقم ٢٤).



الشكل رقم (٢٤)
المريخ ـ الحركة التقهقرية الظاهرية خلال العامين ١٩٧٣ ـ ١٩٧٤م

وتبلغ سرعة انتقال المريخ في فلكه حول الشمس (١٣ , ٢٤ كم/ثا) أي أن هذا الكوكب يتم دورته حول الشمس في حوالي (٦٨٧) يوماً من أيام الأرض.

وقد أظهرت الاكتشافات الحديثة أن للمريخ غلافاً غازياً رقيقاً يتألف معظمه من ثاني أوكسيد الكربون(CO^2) ، وأن حرارة الظهيرة عند دائرة استوائه تماثل الحرارة على الأرض في يوم من أيام الربيع حوالي (٢١°) مئوية.

هذا ولقد شاهد الراصدون ما يشبه قلنسوات جليدية على مناطق القطبين فيه، وظنوا لردح طويل من الزمن أنها تماثل قلنسوات الجليد التي تغطي منطقة القطبين على الأرض، وأنها مثلها تتألف من مياه متجمدة تتمدد وتنكمش مع تغير الفصول، ولكن سفينة الفضاء التي حطت على سطحه منذ أعوام تقريباً،

أثبتت بالصور التليفزيونية التي التقطتها الكاميرا الموضوعة فيها، أن هذه القلنسوات ليست سوى غازات متجمدة يصاحبها قليلاً من الماء، تزداد اتساعاً في بعض الفصول.

كما ظن الفلكيون أن (موجة الظلام) التي تسود على الكوكب في الربيع وبخاصة في منطقة استوائه، عبارة عن نبات يزداد نموه مع تيار الرطوبة الذي ينتشر من أقاليمه القطبية، كما اعتقدوا أن الخطوط الغائرة المستقيمة التي شاهدوها من المراقب على سطحه ليست إلا قنوات مائية قامت بشقها كائنات حية عاقلة وذكية. وقد ثبت أخيراً فساد جميع هذه المعتقدات وذلك بعد وصول سفن الفضاء (مارينر) بدءاً من عام ١٣٨٤ هـ (١٩٦٤ م) وحتى ١٣٩١ هـ (١٩٧١ م)، إلى مناطق قريبة جداً من جوه.

إذ تبين من الصور التي التقطت لما يقرب لثلاثين بالمائة من سطحه، ومن مختلف الدراسات الإشعاعية للكوكب، أنه يختلف كثيراً عن الأرض وحتى عن الكواكب الأخرى.

وقد تبين أن جو المريخ يتألف أساساً من ثاني أوكسيد الكربون، وأن كثافته وضغطه يعادلان نحو (١١ ٪) بالمئة من كثافة وضغط جو الأرض، ومثل هذا الجو المتخلخل لا نعثر عليه قرب الأرض إلا إذا ارتفعنا حوالي (٣٠ كم) فوق سطحها، ومثل هذا الجو لا يكاد يحمي المريخ من الإشعاعات الشمسية ــ خاصة من أشعتها (فوق البنفسجية) التي تقتل أي كائن حيّ ما لم تتوفر له شروط الحماية منها. . وعلى هذا، فإن أي نوع من أنواع الحياة على المريخ إن وجدت، لا بد وأن تتمتع بشكل أو بنوع آخر من أنواع الحماية، كما أنه لا بد من أن تكون قادرة على احتمال التغيرات الحادة والسريعة في درجات الحرارة. .

فحرارة الظهيرة مثلاً عند استوائه تصل إلى (٢٦°) مئوية، ولكنها تهبط ليلاً إلى (١٠٠°) درجة. . .

ولقد ثبت بما لا يقبل الشك، ونتيجة لتحليل عينات من تراب السطح، عدم وجود أي نوع أو شكل من أشكال الحياة عليه، كما ثبت من الصور الملتقطة لسطحه انعدام المياه الجارية عليه.

وعلى الرغم من أن جو المريخ يحتوي على كمية صغيرة من بخار الماء وعلى الرغم من الضباب الخفيف الذي يبدو معلقاً في جوه الذي يتألف معظمه من حبيبات دقيقة من ثاني أوكسيد الكربون (CO^2) المتجمدة يظن أن البقع الساطعة المشاهدة من التلسكوبات (المراقب) خصوصاً على نطاقه الإستوائي قد تكون ضباباً مكوناً من مياه ثلجية أو من سحب أو حتى من صقيع سطحي.

وتشير كل الاحتمالات إلى أن القلنسوات القطبية تتكون من جليد جاف من ثاني أوكسيد الكربون (CO^2) مع كمية صغيرة من الثلج المائي وهي عندما تدفأ في الربيع، فإنها لا تذوب وإنما تتميأ أو تتبخر.

إن ندرة الماء على المريخ وقلة الأوكسجين الحر، كما يعتقد علماء الأحياء، تجعل وجود الحياة مستحيلة على سطحه، حتى ولو افترض وجود نوع من الحياة عليه، فلا بد وأن تكون بدائية جداً أي من النوع (البكتيري ـ الجرثومي)، أما وجود نبات أو حيوان فأمر مستحيل.

وقد أكدت المركبة الفضائية (فايكينغ ـ ٢)، التي وصلت سطح المريخ عام ١٣٩٦ هـ (ايلول ١٩٧٦ م)، معظم افتراضات العلماء وما كشفت عنه سفن (مـارينر) خلال السنوات السابقة.

ولقد أظهرت (فايكنغ ـ ٢) وسفن (مـارينر) أن منحدرات المريخ هينة جداً على الرغم من أن أعلى نقطة من المناطق المصورة يرتفع (١٣ كم) عن سطحه.

كما أن سطحه يخلو تقريباً من أية انكسارات ضخمة أو سلاسل جبلية عظيمة أو حقول بركانية فسيحة، حتى أنه لا توجد أية دلائل على وجود نشاط بركاني حالي عليه.

وقد تبين للعلماء وجود ثلاثة أنماط طبوغرافية على سطحه، أولها الفوهات البركانية والكونية التي تشبه تلك الموجودة على سطح القمر، ولكنها على المريخ

أكثر عمقاً واتساعاً، كما أن قيعانها أكثر انبساطاً، وهوامشها أقل تشوشاً. وبراكين المريخ أكبر بكثير من تلك التي على الأرض فبركان (أوليموس مونز Olympus Mons) مثلاً يصل محيطه عند القاعدة إلى (٤٨٠) كم، بينما يبلغ ارتفاعه حوالي (٢٤) كم. ويعتقد أن هذا البركان وأمثاله هي مصدر غلاف المريخ الغازي.

وثانيها المنطقة المشوشة: وتشمل حوالي (١,٣) مليون كم[٢] وتنتشر فوقها حافات قصيرة وأخاديد وحفر طولانية ومجارٍ مائية جافة، ليس لها من تفسير معقول سوى وجود ماء جارٍ في الماضي على سطح هذا الكوكب. ولكن في ظل شروط درجات الحرارة المنخفضة والضغط الجوي السائد حالياً على المريخ يتعذر وجود الماء السائل، فهو إما سيتجمد بسرعة أو يتبخر بسرعة. ولوجود ماء جار لا بد من توفر ضغط جوي أكبر على سطح المريخ ولعل هذا ما كان موجوداً على سطح الكوكب في أزمنة خالية، أما ثالثها، فعبارة عن صحراء دعوها باسم صحراء (هيلاس ــ Hillas)، وسطح الأرض هنا كبير التجانس عديم المظاهر، يشبه حوضاً عظيمًا منبسطاً يبلغ اتساعه قرابة (١٩٠٠ كم) ونادراً ما تشاهد فوقه فوهة ما. ومثل هذا المظهر لا يشاهد على سطح القمر، لكنه شبيه بسهول سطح الأرض...

ويعتقد بعض العلماء أن اختفاء الفوهات هنا يعود إلى أن السهل مكون من مواد مفككة دقيقة، يسهل على الرياح التي تصل سرعتها إلى (١٦٠ كم) في الساعة أن تحركها وتملأ بها الفوهات الكونية ومن ثم تخفى ملامحها.

وقد تبين من دراسة الصور التليفزيونية للمريخ أن القنوات التي ترى على سطحه ليست إلا مجرد سلاسل من الفوهات الكونية أو أخاديد متطاولة داكنة اللون.

ويظن بعض العلماء أن المريخ قد مرَّ بتغيرات مناخية عظيمة تناوبت فيها فترات الدفء والرطوبة مع فترات برودة وجفاف، كان الماء يتجمد خلالها تحت الطبقة السطحية من الأرض أو في القبعات الثلجية في منطقة القطبين.

وتظهر الصور التي أرسلتها (فايكنغ ـ ٢)، أن سطح الأرض حول القبعات الثلجية المتراكمة فوق القطبين ذو بنية متطبقة، مما يفترض ارتصاف وترسب مواد هذه الطبقات في ظل ظروف مناخية متبدلة.

ولتغير المناخ أسباب عدة، منها تغير عنف النشاط البركاني، ومنها تغير كمية الطاقة التي يتلقاها الكوكب من الشمس، ولكن لم يقطع برأي في هذا الأمر حتى اليوم.

أما اللون الأحمر الذي يبدو به المريخ لسكان الأرض، فيعزى إلى وجود معادن حديدية تحتوي عليها تربته.. وهناك علماء آخرون يظنون أن هذا اللون ناتج عن انعكاسات أضواء الطيف المريخي نتيجة اصطدام الإشعاع فوق البنفسجي بغاز كريه الرائحة وغير شائع الوجود، يدعى «نظير أوكسيد الكربون» الذي يؤدي إلى تكوُّن سلاسل ذرية ذات لون برتقالي أو بني محمر، وهذا الغاز هو المسؤول عن لون هذا الكوكب.

٢ ـ الكواكب الخارجة:

□ الكويكبات: (Asteroids)

عند وضع (بود) فرضيته عن وسطى أبعاد الكواكب السيارة عن الشمس، لم يكن هناك ما يشير إلى الرقم (٢,٨) الذي أورده بين مدار المريخ والمشتري، ومع ذلك أخذ (بود) يبحث عن كوكب مفقود اعتقد بوجوده على هذا البعد من الشمس.. ولكن العالم (بياتزي Guiseppi Piazzi) وهو فلكي إيطالي، كان أول من اكتشف كوكباً صغير الحجم عام(١٢١٦هـ /١٨٠١م) من مرقبه في صقلية، وأطلق عليه إسماً خرافياً هو (سيرس Ceres)، وجده يتجول في البعد الذي أورده (بود) بين مداري المريخ والمشتري، وهو عبارة عن كتلة صلدة لا يتجاوز قطرها (٧٧٥ كم). ثم تتابع اكتشاف كتل أصغر منها في نفس النطاق وعلى نفس البعد. ولكن معظمها لا تتجاوز أقطاره (٨٥ كم) في حين أن الكثير منها أصغر من ذلك بكثير من (٢ ـ ٣ كم). ويتم سيرس دورته حول نفسه كل

٩ ساعات وخمس دقائق. أما دورته حول الشمس فيتمها كل (٤,٦ سنة). (أنظر الملحق).

وقد تأكد للعلماء بالنتيجة أن هذه الأجسام، عبارة عن (كويكبات) تدور في مدار عريض لها حول الشمس يصل اتساعه إلى (٢٤ مليون كم) ينتشر إلى داخل مدار المشتري كما يصل حتى يقترب من مدار الأرض حول الشمس. وكل الكويكبات كتل صلدة عديمة الحياة، أطلق على بعض منها أسماء علماء، بينما أطلق على بعضها الآخر أسماء مدن أو مناطق الخ. . .

هذا وقد تم إحصاء أكثر من مائة ألف منها، ولكن الوحيد الذي يبدو للعين المجردة هو (الكويكب) سيرس، أما الباقي فلا يرى إلا بالمكبرات. وقيل أنه لو جمعت مواد هذه الكويكبات لشكلت جرماً يساوي (١) بالألف من جرم الأرض.

وقد وجد العلماء أن بعضاً منها يتجاوز النطاق المعروف اليوم بنطاق الكويكبات ويقترب من مدار الأرض حول الشمس، وقد راقبوا واحداً منها اسمه (**عيروس** ــ Eros) وهو اسم إله الحب لدى اليونان، وهو من أقرب الكويكبات إلى الأرض، إذ يمر أثناء اقترابه من فلك الأرض على بعد لايزيد على (٢٠) مليون كم. وقد اقترب هذا (الكويكب) كثيراً من الأرض في عام ١٣٥٠ هـ (١٩٣١ م)، كما اقترب منها عام ١٣٩٥ هـ (١٩٧٥ م). ولكن معظم الكويكبات لا تقترب من الأرض وبعضها لا يمكن مشاهدته حتى بالمكبرات، ومنها ما يتجاوز مدار (عطارد) ويقترب من الشمس حوالي (٣٠) مليون كم. . وقد دعي هذا (الكويكب) الذي يجرؤ على الاقتراب من الشمس باسم صبي يوناني خرافي (إسمه إيكاروس). . قيل أنه اقترب بجناحيه من الشمس فاحترق الجناحان وسقط الصبي في البحر. .

ومعظم هذه الكويكبات كروي الشكل، ولكن بعضها ليس كروياً، فمنها ما له أشكال غير منتظمة تشبه قطع الحجارة الكبيرة، وعيروس واحد منها، فشكله يشبه اجرة ــ (أو قرميدة) طولها (٢٥ كم) وعرضها حوالي (٨) كم وكذلك سمكها.

ويتم عيروس دورته حول الشمس كل (٤,٥) سنة ويتعرض لأشعة الشمس مرتين في كل دورة.

ولما كان لهذه (الكويكبات) أشكال غير منتظمة، فقد افترض بعض الفلكيين أنها ربما تكون بقايا جرمين كبيرين ارتطما وتحطما إلى ملايين القطع المختلفة الحجم.. كما افترض علماء آخرون أن تكون بقايا كوكب انفطر لسبب غير معلوم ويقيت بقاياه وفي نفس المدار. ولكن العالم (جيرليس ــ GERELES) يظن أنها بقايا أحجار بناء النظام الشمسي، وأنها جزء من السديم أو السحابة التي منها حسب رأيه تكاثفت الشمس وبقية الكواكب منذ حوالي (٥) مليار سنة.. ويرى أن هذه الكويكبات ليست سوى غبار اندمج مع بعضه البعض واتخذ له مداراً بين الكواكب.

وتظهر آثار هذه الكويكبات بشكل واضح على سطح القمر وعطارد والزهرة، على شكل فوهات كونية. ويقول العلماء أن بعض أشباه الشهب ليست إلا من هذه الكويكبات مع العلم أن بعضها قد يكون بقايا حطام بعض (المذنبات)، ويبدو أن بعضها قد سقط على الأرض مشكلاً حفراً نيزكية..

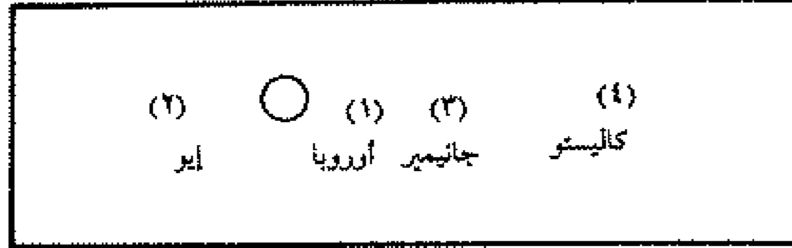
ولقد وصلت سفينة الفضاء الأمريكية (بايونير ــ PIONEER) أو (الرائد) عام ١٣٩٢ هـ (١٩٧٢ م)، إلى نطاق الكويكبات وصورتها أثناء رحلتها إلى المشتري، بعد أن قطعت (بايونير) المسافة بين الأرض وبين نطاق الكويكبات بمدة (١٤٠) يوماً.

وقد تأكد للعلماء أن (إيكاروس) يبعد عن الشمس مقدار (٣٩٣) مليون كم عندما يكون في الأوج من مداره، ولكنه كل (٤٠٩) أيام أي عند نقطة الحضيض يقترب إلى مسافة (٢٧) مليون كم منها فيبدو جسمه، وقطره لا يتجاوز (١ كم) أشبه بجمرة حمراء متوهجة.

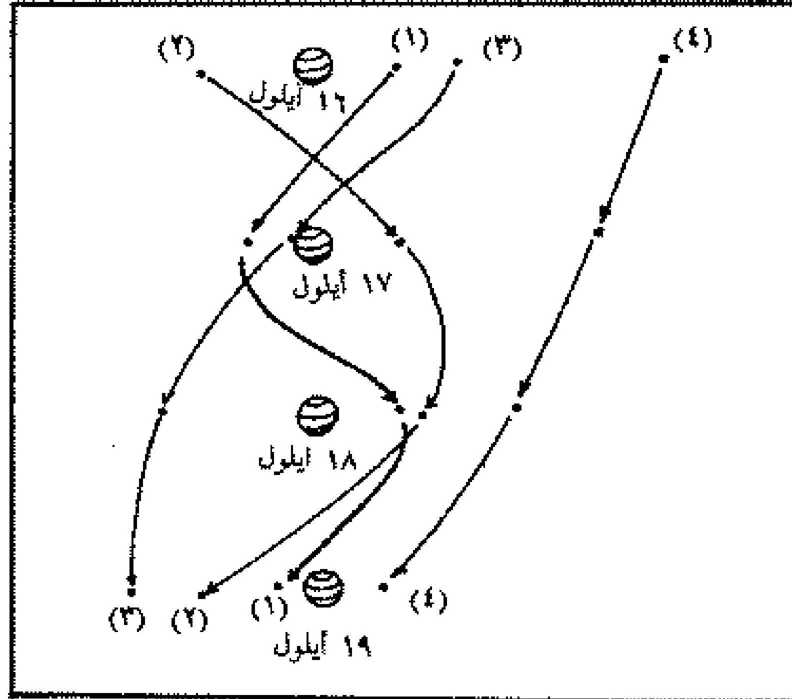
ومن أسماء هذه الكويكبات (بالاس ــ Palace)، و (جونو ــ Juneau)، و (فيستا ــ Fiesta)، و(كبلر، وبورغونيا، وكروكس، وبالتا، وشيكاغو، وشبيا، ومارلين) والخ..

□ المشتري:

كوكب مثير للاهتمام لكونه «عينة» فريدة بين كواكب المجموعة الشمسية. وبسبب بُعْده عن الشمس تتلقى هوامشه الخارجية حوالي $\frac{١}{٢٧}$ من أشعة الشمس التي تصل الأرض..



اعلى: المشتري وأقماره الأربعة التي عرفها «غاليليو»
صورة من مختبر الفضاء (جامعة اريزونا ايلول ١٩٧٦م)
اسفل: حركة الأقمار الأربعة بين (١٦ــ١٩) أيلول ١٩٧٩م



الشكل رقم (٢٥)
المشتري وأقماره اللامعة الأربعة

ويعدُّه بعض العلماء من «أشباه النجوم». ويظن بأنه لـو تسنى لهذا الكوكب الانكماش نحو مركزه كما حصل للنجوم.. لأطلق طاقة تماثل طاقة فرن نووي.

وهو كوكب جبَّار، تتجاوز كتلته مجموع كتلة الكواكب الأخرى بمرتين ونصف. ويزيد قطره على إحدى‌عشرة مرة قطر الأرض، ويبلغ حجمه أكثر من (١٣٠٠) مرة حجم الأرض، بينما يصل محيطه إلى عشرة امثال محيط الأرض الاستوائي، أي إلى أكثر من (٤٠٠,٠٠٠) كم.

وتبلغ سرعة دوران المشتري حول محوره ضعف سرعة دوران الأرض، بل وتزيد، وهو أسرع الكواكب في الدوران حول المحور، لذا، فهو يبدو للمراقبين على الأرض مفلطحاً بشكل ظاهر في منطقة القطبين. وعلى العموم فهو يتم دورانه حول نفسه بمدة تقل عن عشر ساعات.

ومن قياس الاشعاعات تحت الحمراء التي يبثها، تبين أنه يطلق طاقة تزيد بكثير عن الطاقة التي يتلقاها من الشمس، مما يفترض وجود مصدر آخر للطاقة عليه، خاصة وأن الجاذبية على سطحه تزيد بمقدار مرتين ونصف جاذبية سطح الأرض.

ويعتقد معظم العلماء بأن هذه الطاقة قد تولـدت أصلاً عن تقلص الكوكب الناجم عن جاذبيته الكبيرة، كما يعتقدون أن استمرار تقلصه أمر ممكن وبالتالي استمرار تولد الطاقة عليه.

ويقول العلماء بأنه لو قدر لمركز هذا الكوكب أن يتسخن إلى قدر ما، لنجم عن مثل ذلك التسخن تفاعلات نووية (Réactions)، كان من الممكن أن تجعل منه نجمًا بدل كونه كوكباً. ولكن إمكانية تحول المشتري إلى نجم يفترض أن تكون كتلته أكبر بـ (٨٠) مرة على الأقل من كتلته الحالية.

وبنتيجة زيارة مركبتي الفضاء فوياجير (١ و٢) لجو هذا الكوكب عامي ١٤٠١ هـ و١٤٠٢ هـ (١٩٨١م)، ثبت للعلماء بأن حرارة الطبقات الخارجية منه باردة جداً، على الرغم من عظم حرارته الداخلية، إذ تتراوح حرارة هذه

الطبقات بين (- ١١٠°، و- ١٤٠°) مئوية. أما باطن الكوكب فلعل أن يكون في حالة سائلة، وذلك لعظم ارتفاع الضغط عليه، لأن مثل ذلك الضغط يجبر الهيدروجين على التحول إلى سائل. في حين يبقى الهيدروجين في حالة غازية داخل النجوم على الرغم من وجود ضغط أكثر ارتفاعاً عليها من الضغط الموجود على المشتري، وذلك بسبب الحرارة الهائلة داخل تلك النجوم. ومن المحتمل أن يكون للمشتري نواة صخرية صغيرة مكونة من مواد أثقل وزناً من الغاز السائل الذي يعلوها.

ومن خلال التلسكوب يظهر المشتري ذا بنية شريطية. وقد تم الكشف عن كثير من مظاهره التفصيلية بواسطة مراكب الفضاء بايونير (١٠ و١١)، وكذلك فوياجير (١ و٢)، التي طارت بالقرب من ذلك الكوكب.

وقد تبين من خلال الصور التي أرسلتها (فوياجير ـ ١) والتي أكدتها (فوياجير ـ ٢)؛ واللتان قامتا بتصوير المشتري وأقماره عام ١٤٠١ و١٤٠٢ هـ (١٩٨١ م) ـ أن هذه الأشرطة توازي استواء الكوكب. ويظن العلماء بأنها تنجم عن اندفاع ثم سقوط غازات ذات حرارة مختلفة، مما يجعل هذه الغازات تنتظم بهذه الطريقة. كما أن سرعة دوران هذا الكوكب وحرارته الداخلية المفرطة تلعبان دوراً كبيراً في ظهور مثل هذا النمط من التيارات الغازية. هذا، وقد دلّ التغير البطيء لشكل هذه الأشرطة وبنيتها أن سطح المشتري لا يمكن قطعاً أن يكون سطحاً صلباً.

ويشاهد من الأرض على الجزء الأسفل من الكوكب، بقعة حمراء متوهجة، لم يُرَ لها شبيه في كواكب المجموعة الشمسية، تبلغ مساحتها قدر مساحة الأرض، بل وأكثر. وهي ذات شكل بيضوي تظهر وكأنها طافية بين السحب المحيطة بالكوكب.

وتُظهر هذه البقعة التي عرفها الفلكيون منذ ما يزيد على قرن ونصف من الزمن، بعض التغيُّر في اللون والشكل. ويعتقد اليوم بأنها ليست سوى منطقة متمركزة (Localized) من التيارات الغازية العمودية والأفقية التي أصبحت بطريقة ما ذات ثبات كبير.

ويضم الفضاء حول المشتري حقلاً مغناطيسياً قوياً، كما يضم عدداً كبيراً من الجزيئات المكهربة (المشحونة) أي الإليكترونات والبروتونات. ولبعض هذه الجزيئات طاقة عالية جداً تصل الأرض على شكل موجات راديوية (Radio Waves). وتنجم هذه الطاقة عن تفاعل هذه الجزيئات (Intervaction) مع الحقل المغناطيسي بواسطة العملية السنكروترونية[٣٦].

هذا ولقد لوحظت هذه الموجات الإشعاعية التي ينفثها المشتري منذ سنوات عديدة. وقد مرت مراكب الفضاء خلال نطاق الجزيئات المشعة هذه دون أن تتأثر تأثراً ملحوظاً بها. ولكن لو وجد إنسان ما على متن هذه السفن لكان تلقي جرعة من الإشعاع المميت كافية لقتله.

أما مجموعات السحب الهائلة المحيطة بالكوكب فقد ثبت أنها تتألف من غاز الميثان والنشادر ـ وهما مركبان بسيطان ينشأ أولهما عن اتحاد غاز الهيدروجين مع الكاربون (HC)، بينما ينشأ الثاني عن اتحاد غاز النيتروجين مع الهيدروجين (NH_3)، وهي تدور حول الكوكب بسرعة دوامة هوائية، ويبدو لونها غالباً أصفراً، ولكنها تبدو أحياناً بلون أزرق أو رمادي بل وبني أيضاً.

ويسبح حول المشتري ثلاثة عشر قمراً. اكتشف منها العالم (غاليليو) أربعة فقط، هي: **(جانيمير)** وهو أكبر من الكوكب عطارد، و **(كاليستو)** وهو أكبر من قمرنا، و **(أوروبا)** ويساوي خمس حجم الأرض، و **(إيو)**. أما القمر الثالث عشر فلم يكتشف إلاّ في أواخر عام ١٣٩٤ هـ (١٩٧٤ م). (أنظر الشكل رقم ٢٥).

وقد أظهرت الصور التي أرسلتها مراكب الفضاء، أن الكوكب مع أقماره يماثل إلى حد بعيد مجموعة شمسية مصغرة. وأن أربعة من أصل الأقمار الداخلية الخمسة (أنظر الشكل) تماثل في حجمها أو تزيد قليلاً عن حجم قمرنا. أما الباقي منها فصغير الحجم حتى أن أقطار بعضها قد يتدنى

---

(٣٦) الإشعاع السنكروتروني، طاقة إشعاعية غير حرارية، تنفثها جزيئات مكهربة كالاليكترونات عندما تمر في مجال حقل مغناطيسي. ويمثل هذا الإشاع جزءاً هاماً من الكون، لم يكن متوقعاً أو معروفاً قبل عام ١٣٨٠ هـ (١٩٦٠ م).

إلى عدة كيلومترات فقط. ولأقربها من المشتري أي القمر (إيو ـ Io) تأثير واضح على الموجات الإشعاعية الصادرة عن الكوكب. إذ يؤثر هذا القمر بالجزيئات المشحونة، كما يؤثر في الحقل المغناطيسي المحيط بالمشتري أثناء مروره بهما، وبذلك يتأثر بث الإشعاع السنكروتروني المعروف أيضاً.

وختاماً، إن ما أرسلته المركبتان الفضائيتان (فوياجير ١ و٢)، من معلومات وصور تلفزيونية عديدة، يعتبر ثروة لا تقدر بثمن لفهم طبيعة المشتري وزحل، لكن لن يكون بمقدورنا معرفة إلا القليل منها حتى تسمح الولايات المتحدة بإذاعة نتائجها التي قد تأخذ من العلماء سنوات عدة حتى يتوصلوا إليها.

□ زحل:

وهو أشهر الكواكب بسبب حلقاته التي تحيط به التي يبلغ قطرها (٦٠) ألف كيلومتر. وأقربها إلى سطحه لا يتجاوز بعدها (١٦) ألف كيلومتر..

ويبعد هذا الكوكب عنا (١,٤) مليار كيلومتر، ولو راقبناه بالعين المجردة لرأيناه شبيهاً بنجم ثابت يسطع بضوء أصفر باهت...

وزحل في ذاته كوكب جبّار يقارب قطره ٩ مرات قطر الأرض. يدور حول محوره بسرعة هائلة. له غلاف جوي كثيف يتألف من غازات الهيدروجين والهليوم والميثان كالمشتري، يقوم بامتصاص جزء من إشعاع الشمس عليه.

ويتميز زحل بحركته البطيئة بين النجوم بسبب مداره الكبير حول الشمس، ولزحل تسعة أقمار ولكن واحداً منها وهو (تيتان ـ Titan) يحيط به غلاف جوي... ويبلغ قطر هذا القمر (٤٨٠٠ كم)، وقد صوّرته بوضوح سفينة الفضاء (فوياجير ـ ١)، في تشرين ثاني من عام ١٤٠٠ هـ (١٩٨٠م).

ومن المعلومات التي أرسلتها سفينة الفضاء (فوياجير ـ ١)، تبين أن بعض هذه الأقمار الخارجية تعاكس في دورانها الحركة العامة للكواكب فهي تشرق ككوكب الزهرة من الغرب وتغيب في الشرق.

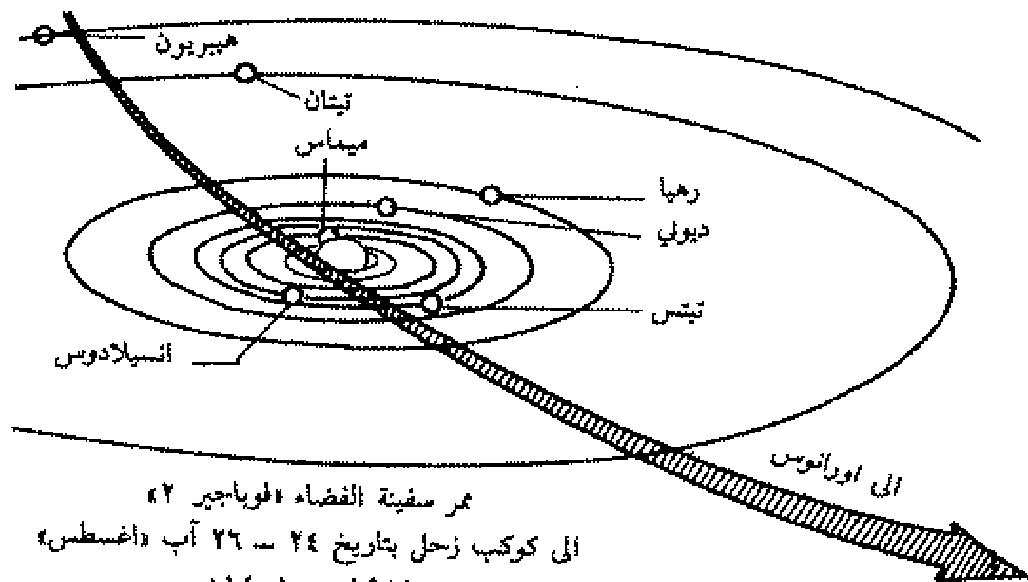
وتشير الصور التي أرسلتها السفينة (فوياجير ـ ٢)، والتي وصلت جو الكوكب في أواخر شهر تموز من عام ١٤٠١ هـ (١٩٨١ م)، إلى أن زحل عبارة

عن كرة غازية هائلة تحيط بها حلقات لا حصر لها ولا عد، تتألف من ركامات ثلجية متجمدة (عدد السابع من أيلول، التايمز، النيوزويك،١٩٨١ م).

وقد كشفت السفينة بشكل واضح جو هذا الكوكب العاصف الذي يشبه جو المشتري الذي مرت السفينة نفسها بجواره إذ تطوقه مجار أو تيارات هوائية تماثل النفاثة في سرعتها ولكن الرياح فوق زحل أعظم من الرياح التي فوق المشتري، تصل سرعتها إلى (١٧٧٠ كم) في الساعة تقريباً، وذلك في نقطة تقع إلى شمال خط استواء الكوكب.

أما في العروض العليا لزحل، فقد عثرت (فوياجير ــ ٢)، على نظام عاصفي تزيد مساحته على مساحة آسيا وأوروبا معاً. إضافة إلى عدد آخر من العواصف الأصغر التي يدور بعضها باتجاه عقارب الساعة وبعضها الآخر بعكس ذلك.

وقد كشفت السفينة عن تضاد مدهش بين توابع زحل التي تشكل عوالم صغيرة متجلدة. . فالقمر (هيبرون ــ Hyperion) على سبيل المثال ــ قمر صغير بعيد يشبه حبة البطاطا الحلوة. (أنظر الشكل رقم ٢٦).



الشكل رقم (٢٦)
زحل وبعض أقماره

أما القمر (تيثس ــ Tethys) وهو أقرب لزحل من القمر الأول، فمصاب بندبة في سطحه ناجمة عن فوهة بركانية عظيمة يبلغ عرضها أكثر من ثلث قطر هذا التابع الذي يبلغ (١٠٨٠ كم). ويحيط بثلثي هذه الفوهة واد سحيق (خانق ــ Canyon) . . وقد تبين من الصور التي أرسلت إلى الأرض، أن هذا التابع كان قد أصيب بتصدع شديد نتيجة اصطدامه بجسم أكبر وأقسى منه ولكن أجزاءه لم تنفرط بل عادت وتجمد بعضها بالبعض الآخر.

وقد كشفت سفينة الفضاء أيضاً عن أسباب شدة قتامة (سواد) أحد وجهي القمر (إيابتوس ــ Iaptus) والتي تزيد على عشرة أمثال قتامة وجهه الآخر.

وعلل العلماء هذه القتامة بأنها قد تكون ناجمة عن كمية كبيرة من الكاربون تغشى سطح هذا الجانب من القمر.

وأكثر توابع زحل حركة واهتزازاً هو تابعه (انسيلادوس ــ Enceladus) الذي يتعرض لانجذاب شديد من الأقمار القريبة منه، وبسبب ذلك زادت حرارته الداخلية فسببت شقوقاً (تشققات) على سطحه، كما شكلت نوعاً من الجريان يماثل جريان أنهار الجليد على الأرض . . تكتسح أمامها الفوهات البركانية التي سبق وأن تشكلت خلال تاريخه الطويل المضطرب على سطحه.

أما حلقات زحل التي تبدو حافاتها الرقيقة لسكان الأرض كل (١٥ سنة)، مرة، فقد لفتت إليها الأنظار مجدداً وتبين أنها تتألف من أجسام ذات أحجام مختلفة تتراوح بين ذرة الغبار والكتلة الهائلة وهي تتبع مدارات معينة حول الكوكب تاركة بينها فجوات يقدر اتساعها بمئات الكيلومترات . .

وقد وضع العلماء فرضية جديدة لتفسير هذه الفجوات، وعللوها بأنها ناجمة عن تفاوت تأثير الحقل المغناطيسي غير الموحد القوة على الركام الجليدي الذي يشكل هذه الحلقات . .

هذا، وقد ربط بعض العلماء بين تشكل بعض هذه الحلقات ووجود الفجوات بينها وبين التأثير المتبادل والمتغير لجاذبية الأقمار القريبة من جو زحل وجاذبية الجزيئات التي تشكل بعض الحلقات التي تدور حوله.

ويستغرق هذا الكوكب (٢٩,٤) سنة ليدور حول الشمس في مداره. (أنظر الجدول رقم ١، الملحق بآخر الكتاب).

□ **أورانوس:**

اكتشفه العالم (هرشل). يبلغ قطره حوالي ٥١ ألف كم. أما حجمه فيساوي ثلث حجم المشتري. وكثافته النوعية منخفضة تبلغ حوالي (١,٦) من كثافة الماء أي أن كثافته أقل من الأرض ومن المشتري (أنظر الجدول رقم ٢، الملحق).

وهذه الكثافة تدل على أن الهيدروجين والهليوم لعبا دوراً أقل أهمية من التي لعبها الغازان في تشكيل المشتري.

ويعتقد أن الكوكب مؤلف من عناصر أكثر ثقلاً بشكل واضح من العناصر التي تشكل المشتري وزحل. ويغلب عليها الكربون والنيتروجين والأوكسجين والنيون إضافة إلى عدد آخر من الغازات. وهذه العناصر هي أكثر العناصر وجوداً في الشمس بعد الهيدروجين والهليوم. ويقال بأن عشر عناصره تتألف من الغازين الآخرين.

وفي جو بارد ببرودة محيط الطبقات الخارجية من الكوكب لا بد من ظهور مركبات كيماوية عديدة مثل الماء والنشادر والميثان بل وتصبح هذه المركبات شيئاً سائداً.

ومن الغرائب التي تميز هذا الكوكب أن محور دورانه حول نفسه، يقع تقريباً في نفس المستوى الذي يدور فيه الكوكب حول الشمس. وقد أكدت الدراسات التي لا تقبل الشك، أن محور دوران أورانوس حول نفسه يزيد قليلاً عن ٩٠° مئوية، بمعنى أن محور دورانه حول نفسه يؤدي إلى أن تكون حركته حول الشمس نحو الغرب قليلاً، بعكس حركة الكواكب الأخرى.

ولأورانوس خمسة توابع، تدور كلها حول المنطقة الاستوائية منه، مما يعني أنها مائلة بنفس الزاوية التي يدور بها حول الشمس. ولا يعرف العلماء حتى الآن لماذا كان لأورانوس هذه الحركة الغريبة.

وينتج عن هذا الانطباق بين المحور ومدار الكوكب حول الشمس أن يبقى أحد قطبي هذا الكوكب منيراً لمدة (٤٢) عاماً، بينما يبقى الآخر معتماً نفس المدة.

ويظهر لون الكوكب من خلال التلسكوب أخضر اللون باهتاً، ذا نطاقات قاتمة اللون، وقد علل العلماء لونه ذلك بأنه محاط بغلاف جوي من الميثان والنشادر والهليوم.

هذا، ومما لا شك فيه، أن فوياجير (١ و٢) اللتان تتجهان الآن إلى هذا الكوكب ستعطيان معلومات أكثر تفصيلاً عن هذا الكوكب وكذلك عن كل من نبتون وبلوتو.

□ نبتون:

أول من اكتشفه كان الفلكي الألماني (جوهان غال)، ويبعد عن الشمس ثلاثين ضعف بعدنا عنها، ويعادل في حجمه أربعة أمثال الأرض. ويتلقى (٠,٩٪)، مما تتلقاه الأرض من أشعة الشمس، وتصل درجة الحرارة فيه إلى (- ٢٣٠°) مئوية، وكثافته ربع كثافة الأرض تقريباً. وجوه يشابه جو أورانوس ويستغرق هذا الكوكب البعيد مدة (١٦٥) سنة ليدور حول الشمس في مداره. وقد سار منذ اكتشافه حوالي نصف مداره حول الشمس، ولنبتون قمران يدوران حوله.

□ بلوتو:

ظنه الفلكيون لفترة طويلة نجماً خافتاً يتحرك ببطء بين النجوم، وقد رآه العالم (كلايد تومباو) (Clyed Tombaugh) لأول مرة عام ١٣٤٩ هـ (١٩٣٠ م). ويبعد بلوتو عن الشمس أربعين ضعف بعدنا عنها، ويبعد عن نبتون حوالي (١,٥) بليون كم.

وتستغرق رحلته في مداره حول الشمس (٢٤٧) سنة من سنواتنا الأرضية تقريباً ولكنه يدور حول نفسه بسرعة فائقة تبلغ ستة أيام. (أنظر الجدول الملحق رقم ٢).

ويظهر بلوتو للمراقبين كوكباً صغيراً بعيداً، يضرب لونه إلى اللون الأصفر وبسبب بعده ومداره البيضوي يصعب قياسه بدقة، ويغلب أن يكون حجمه بحجم المريخ، وله فلك شاذ إذ يقترب أحياناً من الشمس أكثر مما يقترب نبتون منها، لذلك يعتقد العلماء أنه ليس سوى تابع (قمر) هارب من نبتون.

أما شدة إضاءته فتعادل (٣٠٠) مرة شدة إضاءة القمر ويظن بأنه كسابقيه ذا جو بارد لا يتمنى أحد العيش فوق سطحه.

وختاماً منذ عصر (كوبرنيكوس) ازداد عدد كواكب المجموعة الشمسية. ونميز اليوم تسعة كواكب رئيسية يضاف إليها مجموعة الكويكبات لتصبح عشر مسارات حول الشمس، بعد أن جرى اعتبار الأرض واحد منها.

وهناك (٣٣) تابعاً (قمراً) تحف بالكواكب السيارة ومن بينها خمسة تفوق قمرنا حجماً. ويبدو أنه ليس لعطارد والزهرة وبلوتو أي تابع. وإضافة إلى هذه الكواكب، التي تدور حول الشمس، تقوم المذنبات وحشود النيازك والشهب بالدوران حول الشمس في مسارات تزيد في أطوالها على أطوال مدارات السيارات بشكل عام، وبعضها يقترب كثيراً من الشمس ثم يبتعد عنها ليصبح أبعد من (بلوتو) عدة مرات.

وسنعرض إلى بحث المذنبات والنيازك والشهب في الفصل التالي من هذا الكتاب، إن شاء الله..



الفصل الثالث

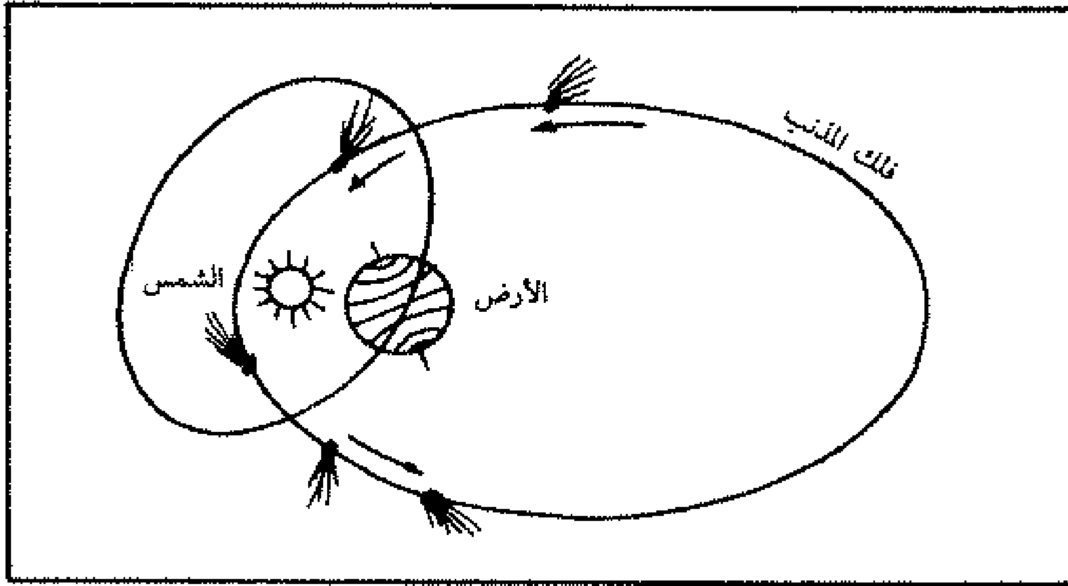
المذنبات

١ ـ المذنبات : (Comets)

أجسام كونية بأحجام مختلفة تمر مداراتها عبر مدارات المجموعة الشمسية. والمدارات التي تسبح فيها هذه المذنبات بيضوية الشكل شأنها في ذلك شأن مدارات كواكب المجموعة الشمسية تقع الشمس في إحدى بؤرتيها. .

وتكون هذه المذنبات سريعة جداً بل ذات سرعة هائلة عندما تمر في نقطة الأوج. وتتباطأ سرعتها عند نقطة الحضيض، لتأثرها بفعل جاذبية الشمس. وبعض هذه المذنبات نراه مرة في العمر، وبعضه يتكرر ظهوره بفاصل أعوام عديدة. وبسبب طول مدارات هذه المذنبات ظن أول الأمر عندما كانت ترى مرة أخرى، أنها مذنبات جديدة تماماً، كما حصل مع أكثرها شهرة وهو مذنب (هالي ـ Hale) الذي ظهر في السماء عام (١٣٢٨ هـ)، ولكن بعد رصد مداره تبين للعلماء أن هذا المذنب يظهر في سماء الأرض كل (٧٦) سنة مرة. . وعلى هذا يتوقع ظهوره عام (١٤٠٧هـ / ١٩٨٧م)، **(أنظر الشكل رقم ٢٧)**.

ويبدو المذنب للراصد من الأرض على شكل نجم شديد الضياء يجر وراءه ذيلاً أو ذنباً. . وقد تأكد العلماء أن هذا الذيل ليس قطعة متطاولة من جسم المذنب، ولكنه عبارة عن جدول من الغاز يتحرك خارجاً من رأس المذنب. إن رصد مثل هذه المذنبات بين ليلة وأخرى يبين بوضوح هذه الحقيقة، وعندما ينتهي مخزون الرأس من هذا الغاز يفقد المذنب ذيله تماماً.



الشكل رقم (٢٧)
فلك المذنب هالي

ولا بد أن تكون كثافة الغاز الذي يشكل الذيل شديدة الانخفاض، ذلك أننا لا نستطيع بالعين المجردة رؤية النجوم بوضوح من خلال ذيل المذنبات وحتى من خلال المناظير التلسكوبية.

وتمر بعض المذنبات مباشرة على ارتفاع بسيط نسبياً فوق سطح الشمس، فتتأثر بجاذبية الشمس العظمى وتنقسم في كثير من الأحيان إلى مذنبين بعد مرورها في مجال الشمس نفسها. وعندها يبدأ المذنبان الجديدان رحلتهما بالابتعاد عن الشمس في مدارين يختلفان اختلافاً بسيطاً عن مدار المذنب الأساسي..

□ تركيب المذنبات:

عندما يبتعد المذنب عن الشمس تكون الأضواء المنبعثة منه مماثلة للضوء المنبعث من أشعة الشمس نفسها نتيجة احتراق أشعة الشمس لجزئيات الغبار أو الكتل الصخرية الصماء التي تكون الرأس. وبالقرب من الشمس يكون الطيف المنبعث من المذنب مماثلاً لطيف الشمس المنعكس عليه، إذ نرى طيفاً مستمراً تقطعه خطوط سوداء ماصة للشعاع الضوئي. أما خطوط الطيف المضيئة فتنشأ عن غازات خفيفة كالنتروجين (الآزوت) والكلور وأوكسيد الكربون وغيرها، بينما تنشأ خطوط الطيف الأخرى التي نراها عندما يكون المذنب في (الأوج) عن

غازات ذات كثافة قليلة ولعلها أن تكون جزئيات من الماء (H_2O) أو السيانوجين، أو ثاني أوكسيد الكربون (CO^2) أو غاز الميثان أو النشادر. . .

ويحصل تجزؤ ذرات الغاز غالباً بسبب الطاقة العالية الناشئة عن الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس التي لا تجزىء الذرات فحسب، بل إنها لتدخل في تركيب الجزيئات نفسها فتغير من صفاتها الطيفية. .

ولكن ثمة سؤال يطرح نفسه هنا. .من أين تأتي هذه الغازات؟ . لقد ظن العلماء لفترة من الزمن بأن هذه الغازات كانت منحلة إلى حد ما في كتلة صخرية، أو أنها غازات متجمعة في كتل صخرية تملؤها التجاويف، تماثل إلى حد ما بعض صخور المقذوفات البركانية التي تملؤها الفجوات. وهذه الصخور المتجوفة هي التي تكون النواة الرئيسية للمذنب. أما بقية كتلة الرأس فيعتقد بأنها تتألف من مجموعة من الغازات المتجمدة ضمن هذه التجاويف، ولا تنفجر هذه الغازات أو تتبخر عندما يكون رأس المذنب بعيداً عن الشمس، أي في منطقة التجمد العميق من نطاق النظام الشمسي، ولكن عندما يقترب رأس المذنب من الشمس تعمل حرارتها الشديدة على تحويل الغازات المتجمدة في تجاويف الرأس إلى غازات تغلف النواة. فبالقرب من الشمس يُجبر ضغط الإشعاع الشمسي والرياح الشمسية[٣٧] هذه الغازات على الخروج من النواة، مشكلة الذيل الذي يشاهد مبتعداً عن الشمس.

وبما أن المادة الغازية تفقد بصورة متواصلة من النواة والرأس، لذلك تتناقص كتلة النواة في كل مرة يمر فيها المذنب فوق سطح الشمس. وبالطبع يتلاشى الغاز المتجمد في الفجوات تلاشياً نهائياً، وعند ذلك لا يكون باستطاعتنا رؤية المذنب مرة أخرى. .

ويدل التحليل الطيفي لعدد كبير من المذنبات،على أن معظم النواة تتألف من مادتي الحديد والسليكون. ولا يعرف إلا القليل عن نواة المذنب فلا يعرف

---

(٣٧) الرياح الشمسية عبارة عن زفير مستمر من الجزيئات المشحونة، وخاصة من بروتونات والبكترونات، مؤلفة من هيدروجين تنبثق من الشمس.

عنها إلا أنها صغيرة جداً، أما تحديد كتلتها فغير ممكن إلا إذا أثرت وشوشت حركة جسم آخر من الأجسام التي تدور بأفلاك معينة، وهذا أمر لم يلحظ أبداً. وقد مرَّ أحد المذنبات مرة بقرب أقمار المشتري ولكنه لم يؤثر أبداً في حركة هذه التوابع، إلا أن حركة المذنب نفسه تغيرت كثيراً بسبب جذب المشتري له.

ويعتقد علماء الطبيعة، أن معظم المذنبات ذات أبعاد صغيرة لا تزيد على بضع كيلومترات. كما هو حال مذنب (هالي). ومعظم المذنبات لا نراها إلا مرة واحدة، إما لأنها تدور في أفلاكها بعيداً عن مجال الأرض.. أو أنها تفنى وتتلاشى عندما تمر فوق سطح الشمس. ولكن بعضها يمكن أن يرى على فترات زمنية متباعدة كمذنب (هالي)، الذي يقترب كل (٧٦) سنة مرة من سطح الأرض. ومع ذلك فقد ثبت للعلماء أن تدخل الكوكب زحل بجاذبيته الكبيرة في حركة مذنب (هالي) يجعل هناك فارقاً في زمن رؤية هذا المذنب بين مرة وأخرى عامين تقريباً.

وقد تحقق العالم (هالي) أن المذنب الذي رآه أثناء رصده للسماء، هو نفس المذنب الذي تم رصده أول مرة عام (٩٣٨ هـ)، ثم عام (١٠١٦ هـ)، وفي عام (١٠٩٤ هـ) من على سطح الأرض.

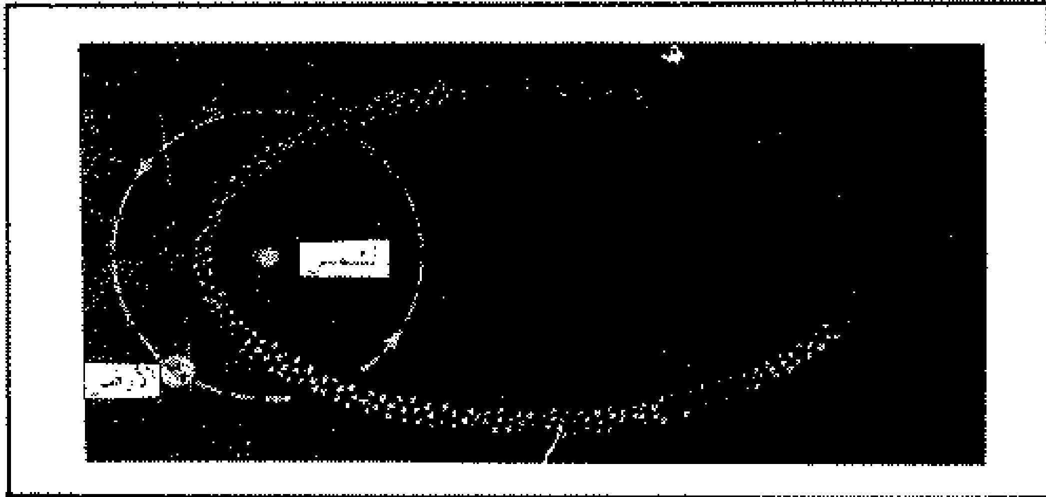
ولقد وجد أن بعض المذنبات تعود إلى جو الأرض كل (١٢) عاماً، ولكنها لا تلبث أن تذهب بغير رجعة. ويعتقد أن السبب في ذلك يعود إلى تبخر جميع الغازات المتجمدة أصلاً في تجاويف النواة تبخراً تاماً.

٢ ـ الشهب: (Meteors)

الشهاب ظاهرة تنتج في الغلاف الجوي للأرض عندما تصطدم كتلة من الكتل الآتية من الفضاء بهذا الغلاف لأنها تبدو للرائي على سطح الأرض وكأنها تهوي نحو هذا السطح. فقد سميت بالنجوم الهاوية، ولكن الشهب ليست نجوماً بالطبع. وإذا تمكن الشهاب من البقاء بعد مروره بهذه التجربة المدمرة، ووصل إلى سطح الأرض محترقاً على شكل كتلة واضحة المعالم سمي عند ذلك باسم (نيزك).

ويظهر الشهاب في صفحة السماء على شكل ضوء خافت اللمعان خلال الليل، أو قد يكون له مظهر كرة ملتهبة تجر وراءها ذيلاً تمكن رؤيته على مسافة مئات الكيلومترات من سطح الأرض. وبعض الشهب قد تكون شديدة اللمعان، حتى أنها قد ترى في ضوء النهار على الرغم من أشعة الشمس الساطعة في السماء.

ولقد وجدت بعض الشهب وهي تدور في مدارات تقع على ارتفاع (٢٢٠) كم فوق سطح الأرض ولكن معظمها يرى على ارتفاع (١٢٠) كم فوقها، ثم تقترب من هذا السطح إلى حدود (٤٠ كم). وتصل سرعة بعضها إلى (٣٠ كم) في الثانية، أي حوالي (١٠٥) آلاف كم في الساعة، وتضرب بهذه السرعة الفائقة الغلاف الجوي المحيط بالأرض. وبسبب سرعتها الهائلة هذه تكون ذات طاقة حرارية شديدة. فشهاب يزن $\frac{١}{١٠,٠٠٠}$ من الكيلوغرام وينطلق بسرعة (٣٠ كم) مثلاً، في الثانية، يكون ذا طاقة تماثل طاقة كتلة يبلغ وزنها (٣) كيلوغرامات تسير بسرعة (١٧٠) كم في الساعة، ولكن الشهاب يفقد معظم هذه الطاقة التي تتلاشى خلال فاصل زمني لا يزيد على ثلاث ثواني. (أنظر الشكل رقم ٢٨).



الشكل رقم (٢٨)
مجرى من الشهب
لاحظ: ان لجميع الشهب تقريباً نفس المسار حول الشمس

وسبب هذا الفقد احتكاك الشهاب بذرات الهواء وهو يشق طريقه بينها، وكذلك تحرير وتأيين الذرات والأتومات التي تسخن سطح الشهاب.

ويخلف الشهاب وراءه عادة عموداً من الهواء والمواد المتبخرة، ويتلاشى لون معظم الشهب مباشرة بعد احتكاكها بالغلاف الغازي، لكن الكبير منها يترك خلفه ذيلاً يبقى ملتمعاً مدة ثلاثين ثانية، أي نصف دقيقة من الزمن.

وتزداد الشهب عادة لأيام قبل وبعد الحادي عشر من آب (اغسطس) من كل عام، في سماء العروض المتوسطة الشمالية، وخاصة بعد منتصف الليل وعندما يمر مدار الأرض بتجمع منها. وهي تزداد ساعة بعد أخرى منذ بدء ظهورها حتى تصل أقصاها في ساعة من ساعات اليوم التالي ثم تبدأ بالتناقص حتى لا يبقى منها إلا ما ندر بعد عدة أيام من بدء ظهورها..

ويلاحظ أن لمجموعات الشهب هذه غالباً نفس مدارات المذنبات التي عرفها العلماء ثم غابت نهائياً عن الأنظار. ولهذا، فإن مواد هذه المجموعات هي بدون شك من بقايا تلك المذنبات.

وتبدو الشهب من حيث الظاهر وكأنها تنطلق من نقطة واحدة من صفحة السماء تدعى (بمنطقة الإشعاع). وتوجد مثل هذه المنطقة في برج الأسد، كما توجد نقاط أخرى في غيره من البروج. والحقيقة، أن الأمر لا يعدو أن يكون مجرد خداع في النظر كما يحدث لنا عندما ننظر إلى سكة لحديد تمتد بعيداً عنا، إذ تبدو لنا وكأن خطي السكة يلتقيان على مرمى النظر.

وفي بعض الأحيان تبدو الشهب وكأنها تتساقط على شكل رذاذ. ففي ١٧ تشرين ثاني (نوفمبر) من عام ١٣٨٦ هـ (١٩٦٦م)، ظل الناس لمدة من الزمن يرون في كل ثانية عدداً من الشهب وهي تلتمع في السماء، وكان ذلك عندما مرت الأرض بجزيئات متحركة من بقايا مذنب سابق. كذلك حدثت نفس الظاهرة أيضاً في تشرين أول (أكتوبر) عام ١٣٦٦ هـ (١٩٤٦ م)، عندما مرت الأرض عبر ذيل مذنب معروف اسمه (زينر ـ Zinner).

أما بالنسبة للالتماعات المنفردة التي ترى في السماء فلعلها ناشئة عن شهب صغيرة تاهت عن موقعها الطبيعي وراء المريخ. وقد أجري حساب دقيق لنيزكين شوهدا أثناء سقوطهما على الأرض، وتبين بنتيجة الحساب أن مداريهما يصل إلى نطاق الكويكبات الموجود بين المريخ والمشتري.

ومعظم الشهب أصغر من حبة الرمل، ولو أن المضيء منها قد يزيد قطره على عدة سنتيمترات، وتتجمع الشهب مع بعضها بعضاً في مدارات تدور في فلك خاص بها حول الشمس وتقطع الأرض هذا الفلك أثناء حركتها الانتقالية حول الشمس، ويعتقد أن الكثير من هذه الشهب يماثل في خفة وزنه «العهن المنفوش» أو القطن المتطاير ولعلها ذرات متبلورة متجاورة لا انفصال بينها.

هذا، وإذا تمكنا من تصوير الذيل المنبعث من الشهاب، وحللنا هذا الضوء طيفياً، فإننا نلحظ وجود خطوط ملتمعة تصدر عادة عن مواد كالحديد والمغنزيوم والكالسيوم والمنغنيز والسليكون.

٣ ـ النيازك: (Méteorites)

النيازك عبارة عن بقايا مذنبات وشهب لم تحترق احتراقاً تاماً أثناء احتكاكها بالغلاف الغازي للأرض، لذلك فهي تهوي الى سطح الأرض محدثة أضراراً بالغة إذا كانت بقايا تلك المذنبات والشهب كبيرة الحجم وإذا سقطت في الأماكن المأهولة بالسكان.

وتسقط النيازك على سطح الأرض بسبب الجاذبية الأرضية، فتؤدي أحياناً الى تشكيل حفر يبلغ قطرها عدة كيلومترات، ويبلغ عمقها عشرات بل مئات الأمتار. وقد يؤدي بعضها إلى إشعال حرائق متلفة إذا وقعت في أرض ذات حصاد قريب، كما يؤدي بعضها الآخر إلى توليد أعاصير هوائية هائلة.

وتتخذ النيازك شكل المخروط ويغلب على لونها السواد من الخارج، ويتشكل على سطحها طبقة سميكة قاتمة صلبة وخشنة المظهر ذات تجاويف. ويظن أن هذه الطبقة تنشأ نتيجة التبرد السريع الذي يصيب المادة التي تتألف منها هذه النيازك عند اقترابها من الأرض والتي لم تحترق أثناء احتكاكها بالغلاف الجوي.

ويبدو أنها قطع من جسم أو أجسام أكبر منها، كانت فيما مضى مصهورة، وكان لتلك الأجسام جاذبية كافية أدت إلى تكتل مادتها في قشرة ونواة.

ويعتقد بأن النيازك الحديدية كانت أصلاً جزءاً من تلك النواة، بينما تشكلت النيازك الصخرية من قشرة تلك الأجسام، ولهذا فالنيازك على ثلاثة أنواع: حديدية، وصخرية، وصخرية حديدية.

□ النيازك الحديدية: (Siderites)

يتألف معظمها أي ٩٠٪ من كتلتها من الحديد + خليط من معدني النيكل والكوبالت.. الخ. وإذا كشطنا الطبقة الخارجية منها، بدت لنا الطبقة الداخلية فضية اللون ترتصف فيها ذرات الحديد على شكل بلورات طولانية، وتختلف هذه الذرات في شكلها وارتصافها عن حديد الأرض.. وعن بقايا مصانع الحديد. وتتميز النيازك الحديدية بثقل وزنها، ويكون حديدها غالباً من نوع الحديد الممغنط. كما تتميز باحتوائها على معدن النيكل بنسبة معينة. هذا وان (النيزك) المحفوظ في غلاف زجاجي أمام مبنى كلية العلوم في جامعة الرياض من أحسن الأمثلة على هذا النوع من النيازك.

□ النيازك الصخرية: (Acorolites)

ويغلب عليها اللون الرمادي المغبر وتكون عادة ذات حبيبات وتجاويف. وتتألف الحبيبات من السليكات والمغنزيوم وهي أشبه بالمواد التي تلفظها البراكين على سطح الأرض.

وتتميز عند سقوطها بكونها مكسوة بطبقة سوداء رقيقة نتيجة احتراقها أثناء احتكاكها ومرورها بالغلاف الغازي، ولكن هذه الطبقة الرقيقة لا تلبث أن تزول إذا طال الأمد، قبل العثور على النيزك، بسبب التعرية والحت الذي يصيب كل الصخور الأرضية...

□ النيازك الصخرية الحديدية: (Siderolites)

وتتصف هذه النيازك بأنها ذات صفة مزدوجة بمعنى أن لها صفات النيازك الحديدية والنيازك الصخرية معاً.

الباب الثالث

الأرض

الفصل الأول: شكل الأرض وموقعها الفلكي.

الفائدة من دراسة الكرة الأرضية:

- كروية الأرض.
- نصفا الكرة الأرضية.
- أبعاد الأرض.
- القيمة الجغرافية لأبعاد الأرض.
- تفلطح الكرة الأرضية أو الشكل الإهليلجي.
- تطور طرق قياس أبعاد الأرض.

الفصل الثاني: حركة الأرض اليومية ـ نتائجها وآثارها.

١ ـ دوران الأرض حول نفسها.

٢ ـ نتائج وآثار دوران الأرض حول نفسها.

الفصل الثالث: حركة الأرض السنوية ونتائجها وآثارها.

١ ـ حركة الشمس المحسوسة ـ اليومية والسنوية.

٢ ـ نتائج حركة الأرض السنوية.

الفصل الرابع: تعيين مواقع الأمكنة على سطح الأرض وحساب الزمن.

١ ـ قياس درجة العرض لنقطة من سطح الأرض.

٢ ـ قياس درجة العرض بواسطة أشعة الشمس.

٣ ـ قياس درجة الطول لنقطة من سطح الأرض.

٤ ـ طرق حساب الزمن.

الفصل الخامس: القمر.

١ ـ معلومات عامة عن القمر.

٢ ـ الظاهرات الجغرافية المرتبطة بالقمر.

الفصل الأول
شكل الأرض وموقعها الفلكي

الفائدة من دراسة الكرة الأرضية:

يلزم قبل دراسة الحوادث الجغرافية التي تجري على سطح الأرض معرفة ما هي الأرض. . .

ولقد عرفنا من الفصول الماضية أن الأرض كروية الشكل وأنها تدور على نفسها حول محور وهمي، وأن لها حركة انتقالية بمدار اهليلجي حول الشمس التي ترسل إلى الأرض الحرارة والنور. وأن الأرض هي كرة من الكرات (السيارات) التي تدور حول الشمس وأن من هذه السيارات ما يفوق الأرض حجمًا. وأن الشمس مع السيارات التي تدور حولها تؤلف المجموعة الشمسية. وأن النجوم الثابتة التي نشاهدها في السماء ليست سوى شموس شبيهة بشمسنا. وأن ما نشاهد من تغير أمكنة هذه النجوم ناشىء عن دوران الأرض حول نفسها ومن دورانها حول الشمس[٣٨]. هذه النظرة هي آخر ما توصلت إليه العلوم الفلكية الرياضية مستعينة بأحدث الآلات الراصدة وأقواها لرصد حركات النجوم وتعيين قوانينها، وهذه الحوادث تظهر لأول وهلة تابعة لعلم الفلك.

ولكنها في الحقيقة ذات أهمية عظمى للجغرافيا، ذلك لأن لهذه الحوادث

---

(٣٨) إن دوران الفلك على الأرض يمسكها في المركز من جميع جهاتها، كما ان الذي يرى من دوران الكواكب هو دور الأرض لا دور الفلك «معجم البلدان»، ياقوت الحموي، الجزء الأول.

الفلكية أهمية بالغة وأثراً عظيمًا في جميع مظاهر الحياة على سطح الكرة الأرضية، وليس ثمَّ فرع من فروع الجغرافيا يمكنه أن يتحرر من هذا الأثر العظيم.

□ كروية الأرض وآثار هذه الكروية:

علم الأقدمون هذه الكروية(٣٩)، وكان أسبقهم سكان بلاد ما بين النهرين وعنهم كما يظهر أخذ اليونان علم الفلك والرياضيات ثم جاء العرب فأثبتوا هذه الكروية، وقاسوا درجة من درجات الطول واستفادوا من معرفة هذه الكروية لأسفارهم البعيدة كما أوجدوا لهذه الكروية إثباتات علمية وعملية(٤٠).

وقد أخذ الأوروبيون عن العرب فكرة الكروية وإثباتها في مطلع العصور الحديثة(٤١).

---

(٣٩) ظهر في حفريات (تل حرمل) الواقع شمال بغداد لوحات فخارية تدل على أن سكان هذه البلاد كانوا يعلمون تماماً كروية الأرض ويدرسونها في مدارسهم منذ ألفي سنة (ق. م.) كما كانوا يعلمون جميع النظريات الأساسية للهندسة التي علمها اليونان بعدهم وعرفت بالهندسة الاقليدية، وقد أخذ اليونان عن سكان ما بين النهرين فكرة كروية الأرض التي قال بها فلاسفتهم وقاسوا درجة الطول وحسبوا محيطها، أما العرب فقد أثبتوا هذه الكروية وقاسوا درجة الطول في صحراء العراق، وعلى ساحل البحر الأحمر في عهد هارون الرشيد. وعهد المأمون كما استنتجوا جميع القوانين والإثباتات لقياس درجة عرض مكان ما من سطح الأرض ودرجة طوله (راجع المقدمة لابن خلدون).

(٤٠) يظهر أن سكان ما بين النهرين أدركوا كروية الأرض استناداً إلى اعتبارات فلكية بحتة، وربما انهم كانوا يعلمون جميع الإثباتات العلمية والعملية التي جاء بها العرب فيما بعد، وهي: ظل الأرض المستدير الشكل على القمر أثناء الخسوف. تغير شكل القبة السماوية كلما تقدم الإنسان نحو القطب الشمالي أو القطب الجنوبي، أهمها كما جاء في كتب «عجائب المخلوقات» للقزويني، هي رؤية قمم الجبال الشاهقة من بعيد قبل رؤية سفوحها على الرغم من أن سفوحها هي أقرب دوماً إلى العين الناظرة إلى تلك القمم، وغياب السفينة المسافرة غياباً تدريجياً يبدأ من أسفلها وينتهي بأعلاها. وقد أخذ الأوروبيون عن العرب هذا الإثبات العملي منذ فترة لا تزيد على أربعة قرون مع أن العرب ذكروه في كتبهم منذ أكثر من عشرة قرون.

(٤١) حدث كولومبوس عن نفسه بأنه البعث إلى السفر قاصداً الهند عن طريق المحيط الأطلسي وذلك بمطالعة كتب ابن رشد (عن درابر صاحب كتاب تجدد العلوم في الجنوب).

وقد أصبحت كروية الأرض حقيقة أساسية معروفة من الجميع وأصبح لها نتائج عامة كبيرة لم تكن معروفة من قبل. فقد علم الأقدمـون أثر كروية الأرض في اختلاف توزع الحرارة على سطحها[٤٢]، كما علم العرب قانون هذا التوزع وذلك أن ميل أشعة الشمس على سطح الأرض يتناقص من الاستواء إلى القطبين. وكلما تناقص الميل نقصت الحرارة التي تكتسبها الأرض.. ومن هذه النظرة نشأ تقسيم سطح الأرض إلى خمس مناطق مناخية، هي :

منطقتان قطبيتان باردتان لا تصلحان لاستقرار البشر بسبب البرد الذي يسود عليهما.

منطقتان معتدلتان يستقر فيهما أكثر البشر.

منطقة حارة، كان اليونان يعتقدون بخلوها مـن السكان بسبب حرها الشديد على زعمهم.. أما العرب فقد كانوا يعلمون أن هذه المنطقة مأهولة، وأن الحر هنالك لا يبلغ مبلغاً يمنع قيام الحياة البشرية أو النباتية، وقد تعامل العرب مع أهل هذه المنطقة الحارة وجلبوا منها الذهب والرقيق، واختلطوا مع أهلها عن طريق التجارة والحروب براً وبحراً[٤٣]. ولا تزال هذه النظرة التي توزع الحرارة على سطح الأرض حية صحيحة في خطوطها العامة، وتعدّ أساساً لتصنيف المناخات بصورة مبدئية. كذلك عرفوا المظهر المستدير والمنتظم للأفق فوق سطح البحر وفي السهول الواسعة لا سيما في الصحارى المنبسطة، كما أن العرب جاؤوا بعدة إثباتات عملية وطريفة لإثبات كروية الأرض.

---

(٤٢) راجع المقدمة لابن خلدون، حيث يشرح مفصلاً هذا التوزع ويبني عليه تقسيم الأرض إلى مناطق إقليمية.

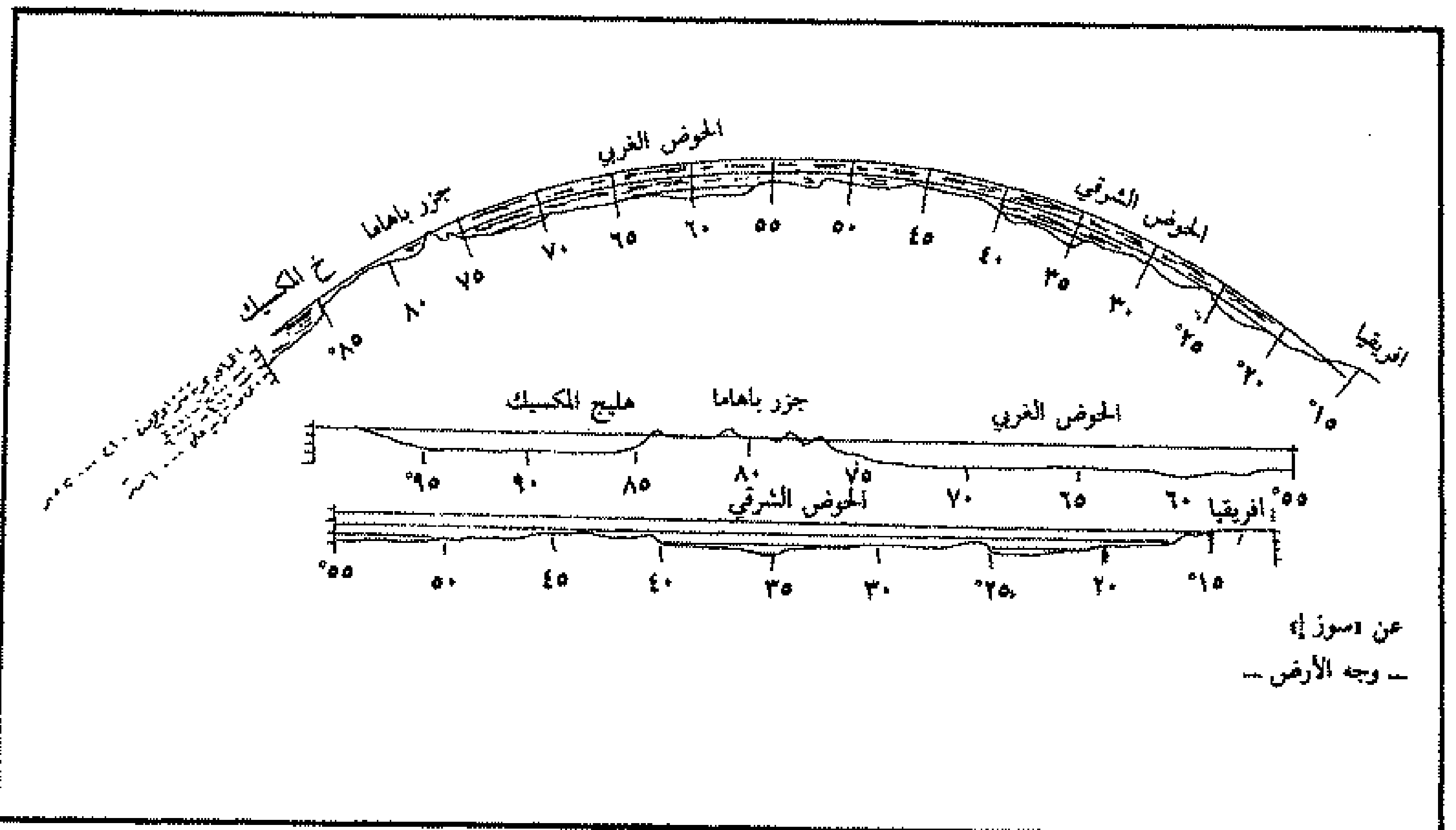
(٤٣) راجع كتب الرحالة ابن بطوطة وكيفية دوران السفن العربية حول القارة الافريقية وولوج تلك السفن في مصبات الأنهر الكبرى على خليج غينيا وكيفية التجارة مع سكان الغابة الافريقية والحروب بين عرب مراكش وأهل السودان الافريقي في حوض النيجر. وكذلك كتاب ليون الافريقي «وصف افريقية» مطبوعات جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية ١٣٩٩ هـ (١٩٧٨ م).

□ نصفا الكرة الأرضية:

علم الأقدمون أثراً هاماً لكروية الأرض.. وهو أن جميع الحوادث والحركات على سطحها يجب أن تجري بصورة متعاكسة من طرفي دائرة عظمى (هي خط الاستواء) تقسم سطح الكرة الأرضية إلى نصفين متساويين... ومن هذه النظرة الصحيحة والتي مردُّها إلى إثباتات رياضة بحتة، نشأت في القديم عدة فرضيات، والتي منها فرضية وجود القارة الجنوبية.

وقد أصبحت معرفتنا للنصف الجنوبي من الكرة الأرضية توقفنا بشكل دقيق على مبلغ انقسام سطح الكرة الأرضية.. إلى نصفين. ففي النصف الجنوبي لا تتغير نجوم القبة السماوية فحسب، بل يتغير مدلول الجهات أيضاً. فالشمال هو الذي يمثل النور والحرارة بدلاً من الجنوب في النصف الشمالي، ولا يفتأ مدرسو الجغرافيا يعيدون ويكررون على طلابهم حينما يدرسونهم، منطقة من النصف الجنوبي. هذه الملاحظة، وهي أن الشمال لا الجنوب هو القسم الحار، وأن أشهر الشتاء هنا هي أشهر الصيف في النصف الشمالي وأن فصل الأمطار هنا يقابله في النصف الشمالي فصل الجفاف، ومن المستحسن هنا أن نركز انتباهنا على أهم آثار الشكل الكروي للأرض بعد أن أصبحت هذه الآثار محسوسة واضحة بفضل دقة الآلات وصحة طرق الدراسة العلمية لسطح الأرض.

فسطح الأرض يمكن اعتباره مستوياً إذا كانت المساحة المدروسة لا يتجاوز عرضها عدة كيلومترات، لكن من السهل علينا إدراك أن كل قياس دقيق لمسافة كبيرة لا بد من أن يظهر فيه تحدب سطح الأرض، لذلك فأعمال المساحة القائمة على المثلثات تضطر لإدخال تحدب سطح الأرض.. في حساباتها، وكذلك فالمقاطع الطبوغرافية التي غايتها إظهار تموج سطح الأرض على مسافة كبيرة، يجب أن ينبه فيهما إلى تحدب هذا السطح ويدل (الشكل رقم ٢٩)، على فائدة هذا الانتباه، ويجعلنا نتبين أن جميع انخفاضات سطح الأرض والتي تتجمع فيها المياه ليست في الحقيقة ذات سطح



الشكل رقم (٢٩)

مقطعان للمحيط الأطلسي: الأعلى وتظهر فيه كروية الأرض

الارتفاعات مبالغ فيها أكثر من خمسين مرة

مقعر[٤٤]، ولا أدل على هذا من حوض البحر الأسود، فهذا الحوض الذي يزيد عمقه على ألفي متر والذي يبلغ عرضه (٢٠٠) كم، لا يؤلف قعره في الحقيقة سطحاً مقعراً وكذلك قعر المحيط الأطلسي.

□ **أبعاد الأرض:** (قياس إيراتوستين ـ Eratosthene)

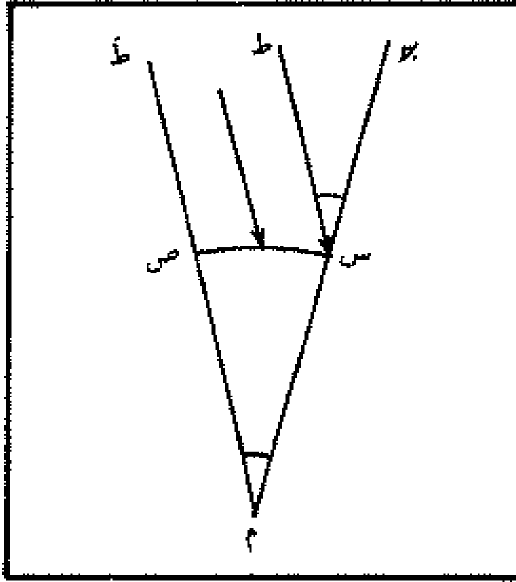
ما كاد علماء اليونان يؤمنون بفكرة كروية الأرض حتى أخذوا يحاولون معرفة أبعادها، وقد توصل إيراتوستين «وكان عالماً رياضياً وفلكياً من مدرسة الاسكندرية عاش في القرن الثالث قبل الميلاد»، إلى حساب محيط الأرض فوجده يساوي (٢٥٠٠٠) فرسخاً يونانياً (الفرسخ اليوناني يعادل ٦٠٠٠ قدماً يونانياً أو ١٨٥٠ متراً)، أي أن محيط الأرض في حساب إيراتوستين يساوي (٤٦,٢٥٠,٠٠٠) متراً.

أما طريقة إيراتوستين لقياس محيط الأرض فقد كانت بسيطة ـ كان هذا الفلكي يسكن الإسكندرية وقد استخدم المزولة الشمسية (غنومون ـ Gnomon) التي كان استعمالها شائعاً، لمعرفة ساعات النهار وميل أشعة الشمس على الأفق. وكان إيراتوستين يعتقد أن مدينة أسوان القديمة هي على خط طول مدينة الاسكندرية ذاته. وكان المسافة بين الإسكندرية وأسوان تقدر بـ ٥٠٠ فرسخ يوناني. فكانت غاية حساباته معرفة ما يعادل هذه المسافة من درجات محيط الأرض، ومن ثم حساب محيط الأرض كله، أو بكلمة أخرى معرفة الزاوية س مَ ص (في الشكل رقم ٣٠). وكان إيراتوستين يعلم أنه في يوم الانقلاب الصيفي تصل أشعة الشمس عند الظهر إلى قعر الآبار في مدينة أسوان أي أن هذه الأشعة طَ ص تكون آنئذٍ عمودية على الأفق في أسوان أي شاقولية، تتجه نحو مركز الأرض م.

فإذا قيست الزاوية ط سَ ج في نفس اليوم بواسطة المزولة في الاسكندرية والحاصلة من التقاء أشعة الشمس ط س عند الظهر مع الشاقول ج س في الاسكندرية، حيث لا تكون الشمس شاقولية عرفت الزاوية س مَ ص التي

---

(٤٤) راجع قول ياقوت الحموي «والأرض مكورة بالكلية مضرسة بالجزئية».



س = موقع الاسكندرية على خط الطول.
ص = أسوان على خط الطول ذاته.
م = مركز الأرض.
ط س، طَ ص ــ أشعة الشمس المتوازية في أسوان والاسكندرية.

الشكل رقم (٣٠)
طريقة إيراتوستين لقياس درجة من درجات الطول

تساوي الزاوية ط سَ ج، نظراً لتوازي أضلاعهـا. وبهذه الواسطة تمكن إيراتوستين من حل معضلة قياس أبعاد الكرة الأرضية. وقد وجد أن هذه الزاوية تساوي $\frac{١}{٥٠}$ من محيط الأرض. ومن نتيجة جداء ٥٠ × ٥٠٠ فرسخ توصل إيراتوستين إلى معرفة محيط الأرض وهو = ٢٥,٠٠٠ فرسخاً يونانياً[٤٥].

أما العرب فقد قاموا بمحاولات مماثلة في غايتها مختلفة في طرقها لقياس محيط الأرض بمعرفة أبعادها، وكانت حساباتهم أكثر دقة ومستندة على قياس ارتفاع نجم القطب فوق الأفق في صحراء العراق، وعلى ساحل الحجاز وتعيين نقطتين على خط طول واحد يختلف عرضهما درجة واحدة فقط، ثم قياس البعد بين هاتين النقطتين. وبفضل الآلات الدقيقة[٤٦] التي استعملها العرب لقياس

---

(٤٥) الفرسخ اليوناني يعادل (٦٠٠٠) قدماً والقدم يساوي (٣٠,٨٤ سم) فيكون محيط الأرض مساوياً إلى ٤٦٢٥٠ كم.

(٤٦) جاء في مقدمة ابن خلدون ما يلي (وخط الاستواء يقسم الأرض لنصفين من المغرب إلى المشرق وهو طول محيط الأرض وأكبر خط في كرتها، كما أن منطقة فلك البروج ودائرة معدل النهار أكبر خط في الفلك، ومنطقة البروج منقسمة بثلثمائة وستين درجة، والدرجة من مسافة الأرض خمسة وعشرون فرسخاً، والفرسخ العربي اثنا عشر الف ذراع، والذراع أربعة

ارتفاع نجم القطب فوق الأفق، وبفضل ضبط قياس المسافة بين النقطتين نظراً لاستواء الأرض في الصحراء العراقية وفي تهامة، فقد توصل العرب إلى حساب محيط الأرض حساباً قريباً جداً من أحدث الحسابات الحالية.

□ القيمة الجغرافية لأبعاد الأرض:

أصبح الإنسان يعلم أبعاد الأرض بشكل أكثر دقة من الماضي، كما أصبح يعلم أن الأرض ليست كروية تماماً ومن المستحسن قبل الدخول في التفاصيل النظر إلى القيمة الجغرافية لهذه الأبعاد.

فقطر الأرض يبلغ (١٢,٦٨٨ كم تقريباً) ومساحتها (٥١٠,٠٠٠,٠٠٠ كم^{2}) وهذه أبعاد كبيرة، ولكنها إذا قيست ببقية السيارات كالمشتري (Jupiter)، وزحل (Saturn) اللذين يبلغ قطر أولهما (١٤٢) ألف كيلومتر وقطر ثانيهما (١١٩٠٠٠) كم. فإنها تظهر صغيرة ولكن نظرة الجغرافيين تختلف عن نظرة الفلكيين إلى الأرض ذلك أن الجغرافي يحاول أن يرى أثر هذه الأبعاد في النشاط البشري.

فالمسافة تعادل في نظر الجغرافي ابتعاد البشر بعضهم عن بعض. وتباعد البشر يختلف حسب درجة تطور الحضارة. فمعنى أبعاد الأرض لم يعد كما كان قبل اكتشاف الآلة البخارية، وكذلك فالأبعاد في القرون الوسطى كان لها معنى أكبر قبل الرحلات الكبرى عبر المحيطات. فقافلة (ماجيلان) قضت سنتين للدوران حول الأرض، أما السفن الحالية فقد أصبحت تقوم بها في عدة شهور وأصبحت القطارات ذات سرعة تقارب ١٥٠ كم، ومعنى هذا أن القطار يمكنه

وعشرون إصبعاً، والإصبع ست حبات شعير ملصق بعضها إلى بعض) فإذا اعتبرنا أن عرض حبة الشعير يساوي وسطياً ٢,٥ مم فيكون الذراع يساوي: ٢,٥ م × ٦ × ٢٤ = ٣٦ سم، ويكون محيط الأرض مساوياً إلى ٣٦ × ١٢٠٠٠ × ٢٥ × ٣٦٠ = ٣٨٨٨٠ كم وهذا الرقم يظهر قريباً جداً من الحسابات الحديثة وأضبط بكثير من حساب إيراتوستين.

وإذا اعتبرنا أن عرض الشعيرة يعادل ٢,٦ مم أصبح محيط الأرض ما يعادل (٤٠,٤٣٥) كم وهذا الرقم يتوافق تقريباً مع أدق الحسابات الحديثة وفي هذا دليل على أن قياسات درجة العرض التي أجراها العرب كانت على أحسن ما يمكن من الضبط والدقة.

فيما لو فرضنا أن سطح الكرة الأرضية كله بر، أن يدور حول الأرض في أقل من نصف شهر واحد. أما عابرات المحيط فيمكنها الدوران حول الأرض بمدة ٤٠ يوماً. وقد قامت طائرة أميركية سريعة عام ١٣٧٣ هـ (١٩٥٣ م)، فدارت حول الأرض بلا توقف بمدة لا تتجاوز ٩٠ ساعة (القلعة الطائرة (ب ٢٩)) وأصبح بإمكان طائرة صاروخية من طراز «ف ٢» أن تدور حول الأرض بما لا يزيد عن عشر ساعات فقط.

وهكذا ترى من هذه الأرقام معنى أبعاد الأرض بالنسبة لنشاط البشر وهذا المعنى يختلف تماماً عما كان عليه منذ قرن، ولا يبعد أن يختلف هذا المعنى كثيراً بعد مضي زمن قليل بفضل شيوع استعمال القوة النفاثة وزيادة السرعة في المواصلات زيادة كبيرة جداً لا سيما في عالم الطيران.

□ تفلطح الكرة الأرضية: (الشكل الإهليلجي ـ Ellipsoide)

كان إيراتوستين يعتقد أن شكل الأرض كرة تامة ولكن الخليفة العباسي «المأمون» كان أول من قال بأن شكل الأرض كرة غير منتظمة، ولذلك لم يركن إلى قياس درجة واحدة من درجات الطول في (تهامه) بل أمر أن يجرى هذا القياس أيضاً في صحراء العراق. وفي القرن الحادي عشر (هـ) قام الأوروبيون بقياسات لأبعاد الأرض فتبين لهم أن شكل الأرض هو كما تخيله «المأمون». وقد أظهرالعالم (ريشتر) أن مدة اهتزاز النواس تختلف بين «باريس» و «كايينCayenne» في الغويان الفرنسية فجاء الرياضي (نيوتن) وعلل هذا الاختلاف واستخلص من هذا التعليل لاختلاف مدة الاهتزاز، أن الأرض ليست كرة منتظمة بل لها انتفاخ في المنطقة الاستوائية وتفلطح في منطقة القطبين، بسبب القوة النابذة الناشئة من دوران الأرض على نفسها.

ولذلك، فطول قوس يعادل درجة واحدة من درجات الطول، يزيد في القطب عما هو عليه قرب خط الاستواء، والفرق بين طول درجة (من درجات الطول) قرب خط الاستواء وبين طول درجة واحدة قرب القطب يعادل ١٣٣٣ متراً. وقد قام علماء آخرون منهم (دولامبير) و (ميشان ـ Mechain) فقاسوا طول درجة من درجات الطول وعينوا قيمة تفلطح الأرض بـ $\frac{١}{٣٣٤}$،

وكانت أهمية حساب هذا التفلطح كبيرة إذ أنه كان أساساً للمقاييس المترتبة كلها، فقد حسب المتر أنه يعادل $\frac{١}{١٠٠٠٠٠}$ من ربع دائرة الطول فتفلطح الأرض هو نسبة يمكن تعريفها، كما يلي:

إن الشكل الأكثر شبهاً بالكرة الأرضية هو «الشكل الاهليلجي»، أي الحجم الناشىء من دوران اهليلج (قطع ناقص) حول محوره الصغير، ونسبة الفرق بين محوري هذا الاهليلج إلى المحور الكبير هو قيمة التفلطح[٤٧]. وهذا التفلطح لا يظهر على الكرة المجسمة التي تستعمل للإيضاح في المدارس، ولكنه يدخل في حساب جميع الخرائط التي يزيد مقاسها عن $\frac{١}{٥٠٠,٠٠٠}$، لا سيما في الخرائط الطبوغرافية.. وكذلك لا يمكن إهمال هذا التفلطح في قياس المسطحات الكبيرة من سطح الأرض. وقد اتخذ الفرنسيون لخارطة فرنسا ذات المقايس $\frac{١}{٨٠٠٠٠}$ المجسَّم الإهليلجي المعروف بمجسم (كلارك ـ Clarke) الذي يبلغ التفلطح فيه $\frac{١}{٢٩٣,٤}$ والذي يبلغ فيه الفرق بين المحورين ٢١٧٧٤ م.

أما اتحاد المهندسين الدولي فيوصي باتخاذ وسطي للتفلطح يبلغ $\frac{١}{٢٩٧}$ استخرج من أحدث الحسابات وأدقها (مجسَّم هايفورد ـ Hayford).

☐ تطور طرق قياس أبعاد الأرض:

يمكننا الإلمام بهذه الطرق دون الدخول في التفاصيل الفنية لقياس الأرض تلك التفاصيل التي تتعلق بطبيعيات الأرض (Geophysics)، أكثر مما تتعلق بالجغرافيا، وربما أنه من المفيد أن نفسر باختصار مبادىء الطرق التي مكَّنت من تعيين شكل الأرض بأكبر دقة ممكنة.

---

(٤٧) طول المحور الكبير للأرض: ب = ٦,٣٧٨,٣٩٣ م.
طول المحور الصغير للأرض: ج = ٦,٣٥٦,٥٤٩ م.
طول المحور الوسطي للأرض: $\frac{ب + ج}{٢}$ = ٦,٣٦٧,٤٧١ م.
قيمة التفلطح $\frac{ب - ج}{ب} = \frac{١}{٢٩٢}$.

١ ـ طريقة مهندسي المساحة : (Geodesical Methods)

تتلخص بتعيين طول قوس من خطوط الطول في عروض مختلفة وهذه هي أقدم الطرق. ورقي هذه الطريقة ناشيء عن الدقة في قياس القوس. . ففي عهد إيراتوستين كان طول القوس يقدر تقديراً ثم قام العرب بقياس طول القوس عملياً في صحراء العراق وعلى ساحل الحجاز، وكذلك صنع الأوروبيون في القرن الحادي عشر والثاني عشر للهجرة، وأخيراً تم قياس طول القوس بصورة غير مباشرة بطريقة حساب المثلثات التي أصبحت قيِّمة للغاية.

٢ ـ طريقة الثقالة أو الجاذبية : (Physical Methods)

تستند إلى حساب الثقالة بواسطة النواس. من المعلوم أن الثقالة هي قوة تجذب الأجسام جميعها نحو مركز الأرض حسب اتجاه عمودي على سطح الماء، وهذا الاتجاه هو اتجاه خيط الشاقول، وإذا ما زحزحنا الشاقول عن هذا الاتجاه فإن الخيط لا يلبث أن يعود إليه، ولكنه لا يعود إلا بعد عدد كبير من الاهتزازات، وهذا هو مبدأ النواس الذي ينظم حركة الساعات ذات النواس. . ومدة الاهتزازات لنواس ما تابعة لطوله. وإذا تساوى نواسان في الطول، فإن المدة تتبع شدة الثقالة. وهذه الشدة لا تتبع في دورها سرعة دوران الأرض فقط (هذه السرعة التي تكون في خط الاستواء أكبر منها في القطب بسبب القوة النابذة المعاكسة للثقالة)، بل أن هذه الشدة تتناسب أيضاً مع البعد عن مركز الأرض، فهي متساوية في جميع الأماكن المتساوية البعد عن القطبين على أرض كروية تماماً.

وكان من أولى فوائد هذه الطريقة، أنها كشفت عن اختلال الثقالة ونقص قيمتها الفعلية عن قيمتها النظرية البحتة وزيادتها عنها في كثير من الأماكن على سطح الأرض. . وسبب هذا الاختلال اختلاف في توازن السيال على السيما في بعض الامكنة من سطح الأرض، أو اختلاف في كمية السيما أو السيال، أو وجود جيوب كبيرة وفراغات في القشرة الأرضية. وأصبح قياس اختلال الثقالة ذا فائدة كبرى في اكتشاف البترول والمياه الضمنية. ومن مميزات الطريقة

الفيزيائية أيضاً أنها تعطي فكرة صحيحة عن شكل الأرض[٤٨] فالمحيطات الكبيرة لا يمكن القيام فيها بأعمال المساحة، ولكن يكفي أن تكون فيها جزيرة لإجراء تجارب على النواس، وقد تمكن (فينيغ ماينز) من إيجاد طريقة لتعيين الثقالة من فوق غواصة، وقد دلت المشاهدات الأولية التي جرت في وسط المحيطات أن قعر هذه المحيطات مصاب بانخفاض كبير بالنسبة إلى الشكل الإهليلجي ولكن عندما تكررت القياسات ظهر أن الثقالة على المحيطات هي عادية بوجه عام ومساوية للثقالة على سطح البر، وهذه الملاحظة مهمة جداً من حيث توازن التضاريس الأرضية لأن هذه الملاحظة تدل على أن القشرة الأرضية التي تكسو الأقسام المنخفضة حيث تتجمع المياه أي قعر المحيطات هي أكبر كثافة من بقية الأقسام من القشرة الأرضية الظاهرة فوق الماء.

ومن الملاحظات المتكررة ظهر أن لا تشابه بين نصفي الكرة، فالمنطقة القطبية الشمالية منبسطة بالنسبة للمنطقة الجنوبية، أي أن المنطقة القطبية الشمالية هي أكثر تفلطحاً من المنطقة القطبية الجنوبية، وهذا يجعل شكل الأرض الحقيقي قريباً من الشكل البيضوي (Ovoïd).

---

(٤٨) إن تفلطح الأرض في المنطقتين القطبيتين وفي المناطق المجاورة لهما يجعل حادث انكسار النور بين النصف المظلم والنصف المضيء من الكرة الأرضية واسع الانتشار بسبب انبساط المناطق القطبية وعدم تكورها القوي. ففي الربيع والصيف تكاد تكون هذه المناطق في نهار دائم وذلك لأن الأفق يظل طوال ساعات الليل النظري مشتعلاً لاهباً بأشعة الشمس المنكسرة في الجو والتي تجعل الليل كله تقريباً كأنه فجر دائم أو غسق دائم، ويظهر أثر تفلطح الأرض في بلاد شمال أوروبا (ابتداء من خط عرض باريس حتى القطب الشمالي) حيث يعقب غياب الشمس في الصيف امتداد نور الغسق حتى منتصف الليل، ثم يبدأ نور الفجر في الانتشار، ولهذا النور أثر كبير في النباتات، في الزراعة ولا سيما في المناطق القطبية وذلك لأن نمو النبات مرتبط أشد الارتباط بالنور، ونضجه متوقف على عدد محدود من الساعات النورية، أي التعرض لنور الشمس.

الفصل الثاني

حركة الأرض اليومية - نتائجها وآثارها

١ ـ دوران الأرض على نفسها: (الجهات)

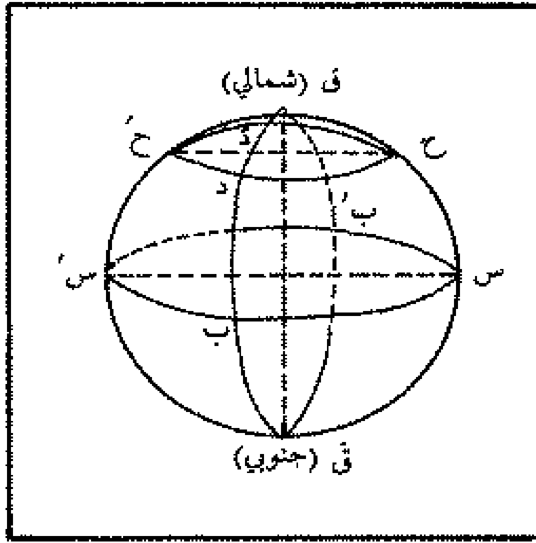
عرف المصريون والكلدانيون والعرب دوران الأرض على نفسها، كما عرفوا قوانين هذه الحركة، ثم جاء (كوبرنيكوس) في القرن التاسع الهجري في أوروبا وقال بهذه الحركة ثم تلاه (كيبلر) فاكتشف من جديد قوانين هذه الحركة. وقد سبق لنا أن عرضنا أفكارهما في بداية هذا الكتاب ـ أنظر التمهيد حول ـ «تطور المعرفة الفلكية».

ومن هذه الحركة نستنتج أن على سطح الأرض نقطتين ثابتتين في مكانهما تدوران على نفسهما مرة واحدة في اليوم الواحد هما القطبان. (أنظرالشكل رقم ٣١).

كما أن هنالك دائرة عظمى عمودية على خط القطبين ويقال لها دائرة الاستواء أو خط الاستواء.

وتقسم دائرة الاستواء سطح الكرة الأرضية إلى قسمين متساويين. وأما الدوائر التي تمر بالقطبين فيقال لها دوائر الطول أو خطوط الطول أو دوائر نصف النهار.

وكل هذه المصطلحات جاءتنا من الأمم القديمة التي كانت تهتم بعلم الفلك والجغرافيا. .



الشكل رقم (٣١)
الأحداثيات الأرضية
ق قَ = محور الأرض ـ ق د قَ خط طول
س ب سَ بَ = خط الاستواء
ح د حَ دَ = خط عرض

أما بالنسبة لتسمية شرق فتعني الجهة التي يشاهد فيها بزوغ النجوم تقريباً فوق الأفق واصطلاح غرب يعني الجهة المعاكسة للشرق أي التي يشاهد فيها غروب النجوم تحت الأفق.

أما اصطلاح شمال وجنوب فيعني بهما وجهتان عموديتان على خط أفقي يصل بين الشرق والغرب، وإذا سرنا باستمرار نحو الشمال أو نحو الجنوب فإننا نكون قد اتبعنا دائرة من دوائر الطول. أما إذا لازمنا في سيرنا وجهة الشرق أو الغرب فإننا نقوم بالدوران حول الأرض متبعين دائرة من دوائر العرض أي دائرة موازية لدائرة الاستواء.

ومن هذه الاصطلاحات نرى أن الجهات الأربع التي يعتمد عليها الإنسان للتوجه على سطح الأرض إنما جاءت من الحركة الظاهرة للنجوم، وأقدم طريقة عرفها البشر لمعرفة الجهات على سطح الأرض، هي تعيين جهة نجم ثابت في الشمال هو نجم القطب في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. وموقع هذا النجم في القبة السماوية قريب جداً من القطب السماوي (نقطة اختراق محور الأرض القبة السماوية). أما في النهار فإن ظل الأشياء وقت الظهيرة يعطي وجهة الشمال في النصف الشمالي من الأرض أو وجهة الجنوب في النصف الجنوبي منها.

٢ ــ نتائج دوران الأرض حول نفسها:

□ النتائج الاقليمية:

ينشأ من دوران الأرض على نفسها تغير مستمر في توزيع النور والحرارة على سطح الكرة الأرضية. ولكن هذا التغير يمكن حصوله فيما لو افترضنا الأرض ثابتة لا تدور على نفسها وأن الشمس هي التي تدور حول الأرض. وفي الواقع تظهر الشمس وكأنها تدور حول الأرض، وبزوغ الشمس فوق الأفق وأفولها تحته، يسببان تعاقب النهار والليل. والمدة بين بزوغين متواليين هي مدة ثابتة تقريباً. وتقسم هذه المدة إلى ٢٤ ساعة. لذلك يلزم مرور (٢٤) ساعة كي تعود الشمس في حركتها الظاهرة إلى نقطة بدئها بعد أن اجتازت الـ ٣٦٠ درجة من الدائرة. واستناداً على هذه الحركة الظاهرة يمكن تعيين موقع أي مكان من سطح الأرض حسب الساعات أو حسب درجات الطول، وذلك باتخاذ مكان معين كمبدأ، وهذه هي العلاقة بين أقسام الزمن وأقسام الدائرة (المقسمة الى ٣٦٠ درجة).

ساعة واحدة زمنية = ١٥° من الدائرة   دقيقة واحدة زمنية = ١٥ من الدائرة.

درجة واحدة من الدائرة = ٤ دقائق من الزمن.

دقيقة واحدة من الدائرة = ٤ ثوان زمنية.

ثانية واحدة زمنية   = ١٥″ ثانية من الدائرة.

ثانية واحدة من الدائرة = $\frac{١}{١٥}$ من الثانية الزمنية.

ونتيجة لهذا نرى أن الفرق الزمني الحقيقي بين عدة نقاط معلومة من سطح الكرة الأرضية هو كما يلي:

الوقت ظهراً في باريز أي حينما تكون الساعة ١٢ في باريز تكون الساعة ١٢ و ٤٠ دقيقة في روما، و١٢و٤٤ دقيقة في برلين، والساعة ٤و٤٣ دقيقة مساء في بومباي، والساعة ٩و٩ دقائق مساء في طوكيو، و ٦و٥٥ دقيقة صباحاً في

نيويورك، والساعة تكون ذاتها حتمًا في جميع النقاط الواقعة على خط الطول ذاته. ولذلك فمعرفة الوقت الحقيقي في مكان ما يمكن الوصول إليه بتعيين درجة طول هذا المكان على سطح الأرض.

والوقت الحقيقي ليس الوقت الذي تدل عليه الساعات المستعملة، فلكل دولة وقت إتفاقي، وفي بلاد واسعة كالولايات المتحدة اتفق ليسهل على السكان معرفة الوقت، اتفق على اتخاذ ساعات رسمية، فقسمت البلاد إلى خمسة (حزوز) محصورة بين خطوط طول معينة.

أما في أوروبا فقد جرت محاولة لتوحيد الوقت، وذلك بسبب كثرة انقسام رقعة أوروبا إلى دويلات ودول، فاعتبرت أوروبا مقسومة إلى ثلاثة حزوز، فهنالك ساعة موحدة لأوروبا الوسطى، وتستعمل في ايطاليا وسويسرا وهنغاريا ويوغوسلافيا والبانيا والمانيا والبلاد الاسكندنافية. وساعة لأوروبا الغربية وهي ساعة غرينتش، وتنقص ساعة واحدة عن ساعة أوروبا الوسطى، وتستعمل في هولندا وبلجيكا والبرتغال وفرنسا واسبانيا واللوكسنبورغ. وساعة لأوروبا الشرقية، وهي المستعملة في رومانيا وبلغاريا وتركيا الأوروبية وروسيا الأوروبية وسورية ومصر، وتزيد ساعة واحدة عن ساعة أوروبا الوسطى، أما في المملكة العربية السعودية فتزيد الساعة فيها بمقدار ساعة واحدة عن ساعة أوروبا الشرقية.

□ الآثار الجغرافية:

إن لتعاقب الليل والنهار آثاراً كثيرة في جميع مظاهر الحياة الطبيعية والعضوية على سطح الكرة الأرضية. فالنهار ليس فترة نور فقط بل هو فترة تسخن، وبالتالي فالليل فترة تبرد. ولذلك فلكل نقطة من سطح الأرض «سعة حرورية يومية» (Daily Thermal Oscillation) قد نهملها في البلاد المعتدلة لضآلتها إذا ما قيست بـ السعة الحرورية السنوية (Annual Thermal Oscillation). أما في البلاد المدارية فالأمر على العكس، فالسعة الحرورية اليومية هي أكبر بكثير من السعة الحرورية السنوية، إذ نرى في هذه البلاد المدارية بسبب التبرد الناشيء من الليل الذي يسبب الطل أن بعض النباتات

الصحراوية تتمكن من الحياة بفضل هذا الطل، كما أن تسخن التربة أثناء النهار يصل لدرجة تتفلق معها الصخور.

ويمكننا أن ندرك على وجه أضبط، أهمية حركة دوران الأرض على نفسها، إذا ما تصورنا الآثار الجغرافية الناشئة من تغير قد يطرأ على هذا الدوران. وحتى الآن لم يوجد أي مبرر يجعلنا نعتقد أن سرعة الدوران قد حدث عليها أي حادث منذ أقدم الأزمنة الجيئولوجية[49]، ولكن من المحتمل أن يكون محور القطبين قد تغير ولم يكن دوماً على وضعه الحالي. وربما كان من الأفضل افتراض أن وضعية المحور بالنسبة للفراغ قد بقيت كما كانت ولكن الأرض ذاتها قد اختلفت وضعياتها بالنسبة لهذا المحور الفلكي الثابت.. فإذا فرضنا أن التغير النسبي للقطب كان يعادل عدة درجات فقط، فإننا نرى أن المناطق الاقليمية تصاب بتغيرات أيضاً، إذ أن هذه المناطق مرصوفة حسب خطوط العرض.

فلو تغير مكان القطب درجة واحدة فقط، لنشأ من ذلك تغيير في توزع البر والبحار، لأن سطح المحيطات هو سطح اتزان عمودي على الشاقول، وهذا السطح منتفخ في خط الاستواء، ولذلك فعند تغير مكان القطب ينهدم الاتزان ولا يمكن حدوث اتزان آخر بدلاً عنه.. إلا بتقدم البحار في المناطق التي قل عرضها الجغرافي، ويقابل هذا التقدم تراجع البحر عن المناطق التي زاد عرضها الجغرافي. ومن المحتمل أيضاً أن يتغير شكل الكرة الأرضية ذاته مما يسبب حركات هامة في القشرة. إذ يحدث في هذا الحال في المنطقة الاستوائية الجديدة التي لا تتوافق مع المنطقة المنتفخة سابقاً جذب إلى خارج الكرة بتأثير القوة النابذة.

وبصورة مختصرة، يمكن القول أن محور دوران الأرض منطبق على أصغر قطر للأرض، فإذا زال هذا الانطباق، فإنه لا بد أن يعود ثانية، إلاّ إذا اعتبرنا

---

(٤٩) إن اكتشاف النشاط الإشعاعي لأكثر المواد التي تتألف منها الكرة الأرضية، تجعل فرضية تسخن الأرض مقبولة وبالتالي فرضية ازدياد حجم الأرض وزيادة طول قطرها مقبولة أيضاً، أي احتمال تباطؤ سرعة دورانها على نفسها (كتاب زحف القارات لـ (Dive) طبع في باريس ١٣٧٠ هـ (١٩٥٠ م).

الأرض كتلةً جامدة تماماً، وهذا يختلف مع المعلومات الأكيدة التي يقدمها علم «فيزياء الأرض». وهذه الفرضيات تنفك عن كونها خيالية، وتصبح حقيقية إذا قبلنا نهائياً «فرضية فيغنر» التي تقول بتغير أماكن القطبين خلال الأزمنة الجيثولوجية. وقد أظهر العالم (شبيتالر — Spitaler) أن تجمع الجليد حول القطب الشمالي في العصور الجيثولوجية الرابعة، سبَّب تغيراً في مكان القطب يعادل ٤ دقائق.

☐ الآثار الحركية: (الانحراف)(٥٠)

هنالك حوادث كثيرة لا يمكن تفسيرها في فرضية ثبات الكرة الأرضية

---

(٥٠) أن هذا الانحراف المعروف قانونه باسم قانون باثر (Baer Law) قد وضع معادلته الرياضي الفرنسي «براسون Poisson» منذ عام ١٨٣٧ م وذلك بدراسة متحرك من المتحركات على سطح الأرض. وهذا الانحراف عظيم الأثر في جميع المتحركات على سطح الكرة الأرضية: الرياح والتيارات البحرية والأنهار. كما أن «فن الرمي» (Balistic) يُدخل هذا الانحراف في حساب الرماية البعيدة المدى، اذ أن القذائف تصاب بانحراف كبير بسبب دوران الأرض. . وكذلك فالصواريخ الموجهة بالرادار والمنطلقة بسرعة تفوق سرعة الصوت يضطر مرسلوها الى تصحيح وجهتها على الدوام بسبب هذا الانحراف، أما المعادلة التي تعطي زاوية الانحراف فيمكن كتابتها على الشكل التالي: زاوية الانحراف = ٢ ر. س جب ع. ر = السرعة الزاوية لدوران الأرض، س = سرعة المتحرك ع = درجة العرض الجغرافي للمكان الذي يكون فيه المتحرك. . . ويتضح من هذه المعادلة أن الاتجاه الأولي للمتحرك لا أثر له في مقدار زاوية الانحراف بل العنصر الهام هو سرعة المتحرك ودرجة عرض مكانه ففي الأنهار تختلف السرعة حسب ميل المقطع الطولاني وحسب احتكاك ماء النهر مع مجراه، أي حسب كمية مياهه وشكل مجراه وطبيعة صخور هذا المجرى. أما في الرياح فالسرعة تتناسب مع فرق الضغط الجوي ما بين مركز الضغط الخفيف ومركز الضغط الثقيل، وتتناسب عكساً مع احتكاك الهواء بسطح الأرض أو بالبحار أو بالطبقات العليا أو الدنيا من الجو. وفي التيارات البحرية تتناسب السرعة طرداً مع القوة الدافعة للتيار، (كقوة الريح مثلاً)، وتتناسب عكساً مع الاحتكاك بمياه البحر أو التضاريس البحرية التي تلامسها مياه التيار. . وقد وجدت فعلاً الضفاف اليمنى للأنهار الكبرى في نصف الكرة الشمالي شديدة الانحدار شِبْهُ شاقولية، في حين أن الضفاف اليسرى وجدت ضعيفة الانحدار، كما هو الحال في أنهار روسيا كلها تقريباً (الفولغا مثلاً). وذلك أن الانحراف الناشيء عن دوران الأرض يجعل ماء النهر مدفوعاً دوماً للالتصاق بالضفة اليمنى فيشتد احتكاك الماء لهذه الضفة فتصبح شبه شاقولية، في حين أن الماء يكون مدفوعاً دوماً للانفصال عن الضفة اليسرى فلا يحدث ضغطاً قوياً عليها كما على الضفة اليمنى، فيقل احتكاك الماء لهذه الضفة اليسرى فتصبح ضئيلة الميل. . .

وعدم دورانها على نفسها، ولم تعلم هذه الحوادث إلا منذ فترة قصيرة، وقد اعتبرت هذه الحوادث كأحسن الأدلة على دوران الأرض، فدوران الأرض من الغرب إلى الشرق، ينشأ منه أن كل جسم متحرك على سطح الأرض يجب أن يصاب بانحراف عن اتجاهه الأول بسبب حركتها وشكلها الكروي. وقد أثبت الرياضيون أن زاوية هذا الانحراف مستقلة عن الاتجاه الأصيل للمتحرك. وأن الانحراف يكون دوماً نحو يمين الجسم المتحرك في نصف الكرة الشمالي، ونحو يسار الجسم المتحرك في نصف الكرة الجنوبي.

ونحن نعلم أن سطح الأرض ميدان لعدد كبير من الحركات ذات الأهمية العظيمة بالنسبة للجغرافيا، كحركات الغلاف الجوي الذي يحيط بالأرض وكحركة البحار التي تغطي ثلثي مساحة الأرض. وكذلك فاتجاه الرياح واتجاه التيارات البحرية لا ينشآن من توزع الضغوط الجوية فحسب بل أيضاً من أثر هذه القوة الخارقة أي قوة دوران الأرض.. ولو كانت الأرض لا تدور فإن رياح الأليزة (التجارية) لا تكون في نصف الكرة الشمالية تلك الرياح الشمالية الشرقية التي كان لها قبل اكتشاف قوة البخار، أعظم الأثر في المواصلات بين العالم القديم والحديث. وكذلك فلولا هذا الدوران لما كانت الرياح السائدة في العروض الوسطى رياحاً غربية، تلك الرياح التي هي للشواطىء الغربية من القارات ينبوع رطوبة وحرارة معاً.. وكذلك فلولا هذا الانحراف لما كانت التيارات البحرية الحارة المعروفة بـ(تيار الخليج ــ Gulf Stream) في المحيط الأطلسي، وتيار (كوروشيفو) في المحيط الهادىء لتعزز في اتجاهها عمل الرياح الغربية التي تحمل الحياة والدفء إلى ما بعد الدائرة القطبية على سواحل النرويج. وهذه الآثار لا تهم علم الأقاليم فقط، بل علم البحار أيضاً، وبالتالي فإن هذه الآثار في الجغرافيا البشرية تظهر بنتيجة انحراف الرياح الدافئة أو الماطرة وإسقائها مناطق لم تكن لتبلغها لولا هذا الانحراف.



الفصل الثالث

حركة الأرض السنوية - نتائجها وآثارها

عرف المصريون القدماء وسكان ما بين النهرين، كما عرف العرب من بعدهم حركة الأرض السنوية (الانتقالية) حول الشمس، ووضعوا قوانينها وعلموا نتائجها.

وسنعرض هنا إلى أهم النتائج الناجمة عن هذه الحركة.

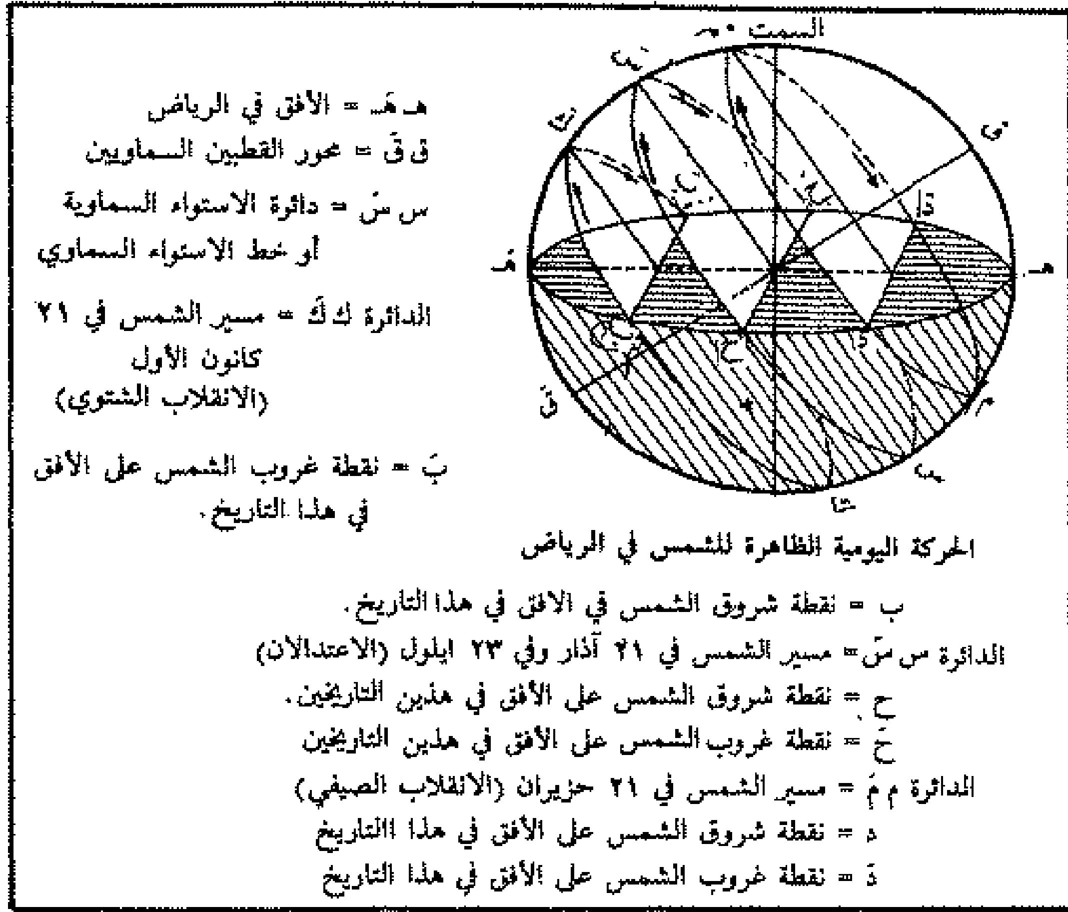
١ ـ حركة الشمس اليومية المحسوسة:

إذا راقبنا مثلاً على أفق الرياض ذات العرض الجغرافي (٢٤°) شمالاً تقريباً. (أنظر الشكل رقم ٣٢)، الحركة اليومية المحسوسة للشمس يوماً بعد يوم مدة سنة كاملة، رأينا الشمس ترسم في الكرة السماوية دائرة تامة، وأن قوساً من هذه الدائرة يكون فوق أفق الرياض وبقية الدائرة تحت أفق الرياض. ونلاحظ أن لهذا القوس نقطة بداية على الأفق هي نقطة شروق الشمس، وله نقطة نهاية على الأفق هي نقطة غروب الشمس، وله نقطة عليا في وسطه تصل إليها الشمس عند منتصف النهار تماماً أي عند الظهر.

ونلاحظ أن نقطة شروق الشمس (أو بداية القوس)[٥١] لا تظل في مكانها على

---

(٥١) راجع أقوال ياقوت الحموي في هذا الموضوع. ويقول العالم (لابلاس) في كتابه «نظام العالم»، ما يلي: ان أرصاد العالم العربي «البتاني» تقيم الأدلة الساطعة على أهليلجية فلك الأرض وأن تحقيقات العالم العربي «ابن يونس» تثبت تغير ميل دائرة البروج على خط الاستواء وانحراف سير المشتري وزحل.



الشكل رقم (٣٢)

مر السنة، بل هي في تنقل دائم (بسبب تغير زاوية سقوط أشعة الشمس يوماً بعد يوم نتيجة لميل محور الأرض ودورانها حول الشمس). ولذلك فإن القوس الذي ترسمه الشمس فوق أفق (الرياض) مثلاً، يكبر أو يصغر، وبالتالي فالنهار تطول مدته أو تقصر تبعاً لطول هذا القوس أو قصره.. وكذلك فإن النقطة العليا التي تبلغها الشمس عند الظهر تماماً في كبد السماء يختلف ارتفاعها وموقعها في السماء يوماً بعد يوم، بدليل اختلاف طول ظل الأشياء عند الظهر بين يوم وآخر طوال السنة. وتدعى النقطة العليا هذه باسم السمت.

ويمكننا أن نلاحظ أن نقطة شروق الشمس تكون في الشتاء قريبة من جهة

الجنوب فيقصر القوس (ب ك بَ)· (الشكل رقم ٣٢)، وبالتالي يقصر طول النهار في الشتاء عن النهار في الصيف.

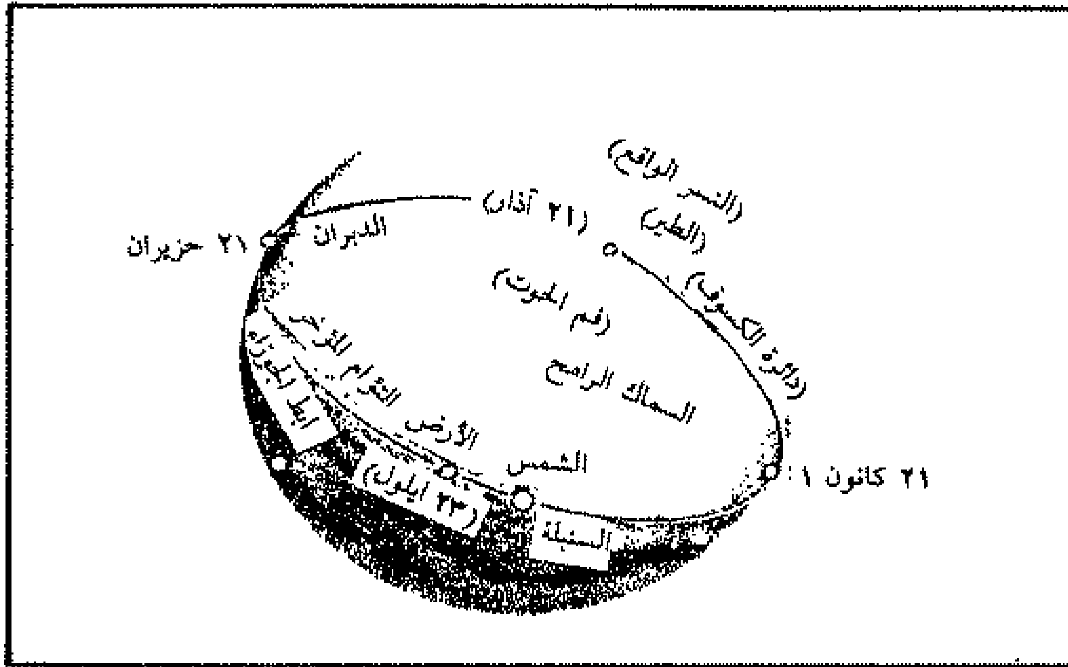
وأما في الصيف فتكون نقطة الشروق قريبة من جهة الشمال فيطول القوس (د م دَ) ، وبالتالي تطول مدة نهار الصيف عن النهار في الشتاء، ونقدر أن نعين الحالات القصوى والوسطى لمدة النهار طوال السنة حسب طول القوس كما يلي:

يكون هذا القوس (ب ك بَ) أقصر ما يكون في السنة يوم الانقلاب الشتوي، إذ تقترب نقطة الشروق أشد الاقتراب من جهة الجنوب ويصبح النهار في هذا التاريخ أقصر نهار في السنة.

كما أن القوس (د م دَ)، يكون أطول ما يكون في السنة يوم الانقلاب الصيفي، فيصبح النهار في هذا التاريخ أطول نهار في السنة. وفي يومي الاعتدالين (الخريفي والربيعي)، يصبح القوس (ج س جَ)، مساوياً نصف الدائرة التي ترسمها الشمس في حركتها المحسوسة (فوق الأفق وتحته) ضمن الكرة السماوية فيتساوى الليل والنهار في هذين التاريخين.

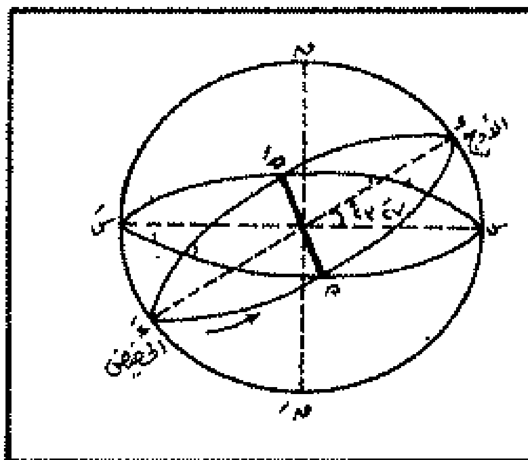
٢ ــ حركة الشمس السنوية المحسوسة:

إذا عيَّنَّا يوماً بعد يوم مدة سنة كاملة موقع الشمس عند الظهر تماماً في الكرة السماوية. . إذا ما عينا هذا الموقع بواسطة نقطة في كبد السماء، ثم وصلنا جميع هذه النقاط بخط مستمر نشأ منها دائرة عظمى من دوائر الكرة السماوية يقال لها (دائرة الكسوف ــ Ecliptic) أو (دائرة فلك الشمس)، (أنظر الشكل رقم ٣٣).



الشكل رقم (٣٣)
حركة الشمس الظاهرية خلال القبة السماوية

ويكون مستوى هذه الدائرة مائلاً على مستوى دائرة الاستواء السماوية بزاوية قدرها (٢٧' و٢٣°). (أنظر الشكل رقم ٣٤).



الشكل رقم (٣٤)
دائرة الكسوف والحركة السنوية الظاهرة للشمس

س سَ = دائرة الاستواء السماوي
د ن دَ نَ = دائرة الكسوف
السهم يشير الى وجهة الحركة الظاهرة للشمس
(نقلاً عن دومارتون)

والنقطتان (د، دَ)، هما نقطتان تقف فيهما الشمس بعد أن تكون قد صعدت فوق مستوى دائرة الاستواء السماوية أو نزلت تحته فبلغت في صعودها أو نزولها (٢٧ َ و٢٣°). والنقطة (د) التي تبلغها الشمس في ٢١ حزيران هي نقطة (الانقلاب الصيفي) أما النقطة (دَ) التي تصل إليها الشمس في ٢١ كانون الأول فهي نقطة (الانقلاب الشتوي)[٥٢].

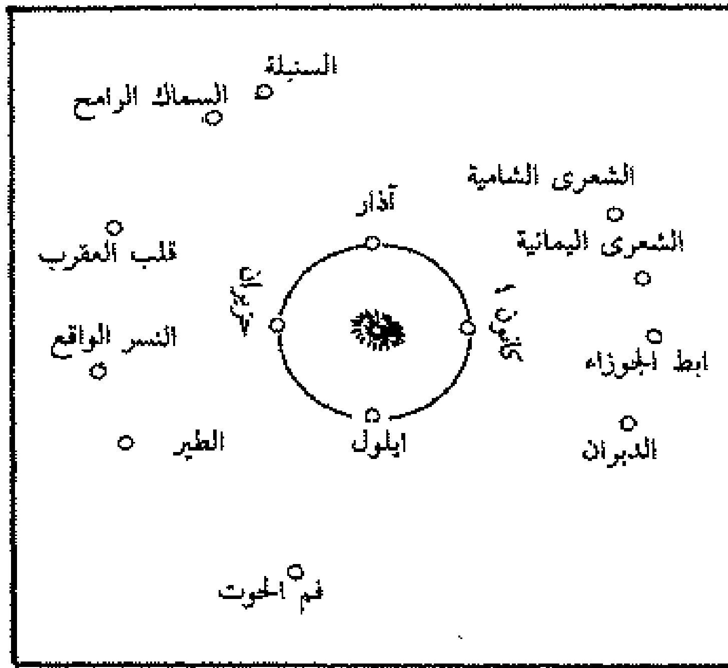
وهنالك فترتان تبلغ فيهما الشمس النقطة ن، والنقطة نَ. (أنظر الشكل رقم ٣٤)، وتكون الشمس فيهما ضمن مستوى خط الاستواء السماوي، أي أن أشعتها تكون عمودية على محور الأرض ويقال لهاتين النقطتين «الاعتدال الخريفي» في ٢٣ أيلول (سبتمبر) و «الاعتدال الربيعي» في ٢١ آذار (مارس). أما خطا العرض للكرة السماوية اللذان يمران بالنقطتين د ودَ فيقال لهما «المداران» لأنهما يعينان نقطة تحول (دوران) في حركة الشمس، أي تبدو الشمس بعد أن صعدت إلى نقطة (د) (ويقال لها الأوج) كأنها تنزل، أي كأنها تدور راجعة إلى نقاط أقل ارتفاعاً منها فوق خط الاستواء السماوي، وكذلك فإن الشمس بعد أن نزلت إلى نقطة (دَ) (ويقال لها الحضيض)، تبدو كأنها تدور راجعة إلى نقاط أقل انخفاضاً منها تحت خط الاستواء السماوي.

ويقال للمدار الذي يمر من (د) مدار السرطان، وللمدار الذي يمر من نقطة (دَ)، مدار الجدي. والجدي والسرطان إسمان لزمرة من النجوم تظهر للعين كأنها تصادف الشمس أثناء اقترابها من (د) ومن (دَ).

ونتيجة لحركة الشمس السنوية الظاهرية ــ أي دوران الأرض حول الشمس ــ تختلف الصور النجومية من فصل لآخر. (أنظر الشكل رقم ٣٥).

---

(٥٢) إن حركة الشمس اليومية والسنوية هما حركتان محسوستان فقط.
يقول ياقوت الحموي «ان الذي يرى من دوران الكواكب إنما هو دور الأرض لا دور الفلك». وكلتا الحركتين ناشئة من دوران الأرض على نفسها وحول الشمس في الاتجاه ذاته من الغرب إلى الشرق. وأن سرعة انتقال الأرض حول الشمس تساوي ٣٠ كم تقريباً في الثانية، أي ١٠٨٠٠٠ كم في الساعة، أي أسرع (٦٠) مرة من سرعة دوران نقاط خط الاستواء حول محور الأرض.



الشكل رقم (٣٥)
حركة الأرض حول الشمس
النجوم الظاهرة ابعد
بكثير مما هو في الشكل

□ اختلاف الليل والنهار ـ الفصول:

إن ميل دائرة الكسوف على دائرة الاستواء السماوي حادث أساسي له نتائج جغرافية بعيدة المدى. فهذا الميل هو في الحقيقة سبب اختلاف طول الليل والنهار، وهو سبب نشوء الفصول على سطح الكرة الأرضية[٥٣]. وقد رأينا في

(٥٣) إن ميل دائرة الكسوف على دائرة الاستواء السماوية ينشأ عنه ميل أشعة الشمس دوماً على محور الكرة الأرضية إلا في حالتي الاعتدالين، حيث تكون أشعة الشمس عمودية على محور الأرض. وأن ميل محور الأرض على أشعة الشمس يسبب اختلاف إنارة الشمس لنصفي الأرض طوال السنة ما عدا يومي الاعتدالين وبالتالي يسبب اختلاف مدة الليل والنهار طوال السنة أيضاً ما عدا هذين اليومين أيضاً، كما أن اختلاف الإنارة ينشأ عنه اختلاف في تسخن نصفي الأرض، فالنصف الذي مال وهو مقبل على الشمس يكون نهاره أطول من ليله، فيكتسب من الشمس حرارة تجعل فصله حاراً (صيف). أما النصف الذي مال وهو مدبر عن الشمس فيكون نهاره أقصر من ليله وتبرده أكثر من تسخنه، فلا يكتسب حرارة من الشمس بصورة زائدة، بل يتبرد تدريجياً ويصبح فصله بارداً (شتاء). وبما أن شكل الأرض كروي ونصفيها متناظران بالنسبة لسطح الاستواء فإن جميع ما يجري على النصف الأول يجري عكسه =

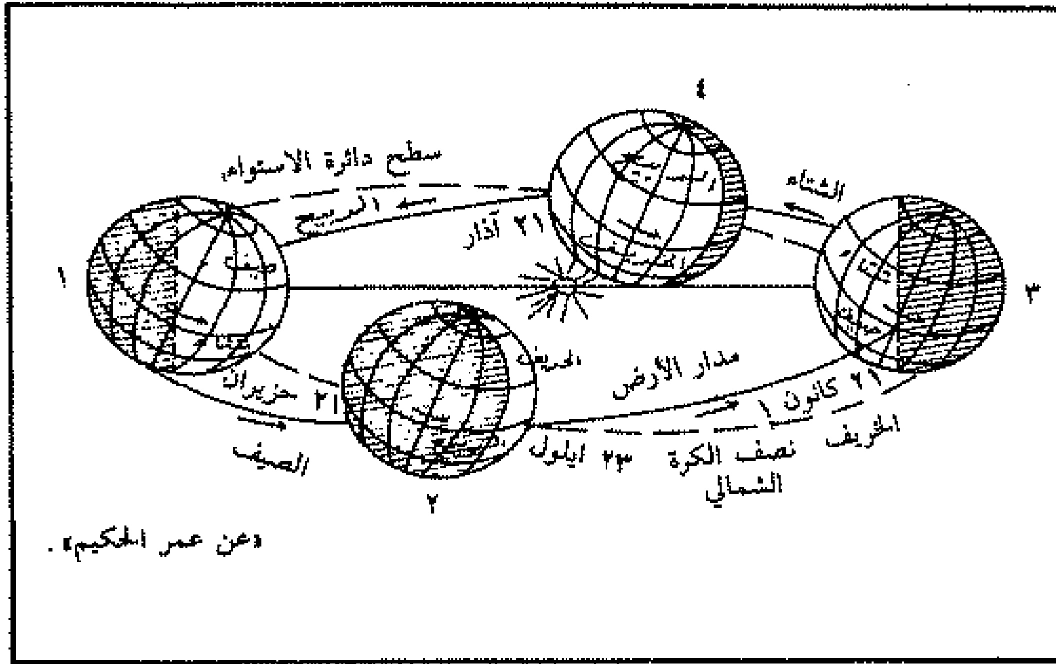
الشكل (٣٤) إثبات هذين الأمرين بالنسبة للعروض المتوسطة. وإذا أردنا أن نعرف نتائج هذا الميل على جميع سطح الأرض، فمن اللازم أن نتعرف على الكيفية التي تتعرض الكرة الأرضية بها إلى أشعة الشمس أثناء حركتها الانتقالية حول الشمس التي تسبغ عليها الحرارة والنور.

إن المحور الذي تدور حوله، يحافظ على الميل ذاته فوق دائرة الكسوف، فيصنع معها زاوية (٥٤″و٣٢′و٦٦°) بينما الأرض تمر أثناء السنة بجميع الأوضاع بالنسبة إلى الشمس. وأن الشكلين (٣٦ و ٣٧)، يبينان أن دائرة الإضاءة أي الدائرة العظمى التي تفصل النصف المضيء من الأرض عن النصف المظلم، تمر من القطبين في الاعتدالين (٢١ آذار) و (٢٣ أيلول). وفي هذين التاريخين تتعرض تباعاً جميع نقاط سطح الأرض للنور بنتيجة الحركة الدورانية للأرض.

وكذلك فإن جميع نقاط سطح الأرض تلبث في الظلام مدة تعادل مدة تعرضها للنور. فيصبح النهار معادلاً الليل في جميع نقاط سطح الأرض. ومن هنا نشأت تسمية «**الاعتدال الربيعي والاعتدال الخريفي**».

وفي الانقلابين في ٢١ كانون الاول (ديسمبر) و ٢١ حزيران (يونيه)، تصبح دائرة الإضاءة مماسة لدائرة العرض ٦٦°، ٢٣′ شمال خط الاستواء وجنوبه. (**ويقال لهما الدائرة القطبية الشمالية والدائرة القطبية الجنوبية**) بسبب ميل دائرة الكسوف على دائرة الاستواء السماوي، ويظهر من الشكل رقم (٣٦)، أن جميع نقاط المنطقة الواقعة شمال الدائرة القطبية الشمالية، ويقال لها «**المنطقة القطبيةالشمالية**» تبقى في الظلام ولا تشاهد النور في يوم الانقلاب الشتوي أي في (٢١ كانون الأول).

** على النصف الثاني. فحينما يكون أحد النصفين مقبلاًعلى الشمس يكون النصف الآخر مدبراً عنها. ومن هذا التعاكس ينشأ تعاكس طول مدة الليل والنهار في نصفي الكرة وبالتالي تعاكس الفصول الناشيء عن اختلاف الليل والنهار (أنظر الأوضاع ١، ٢، ٣، ٤ في الشكل رقم ٣٦).



الشكل رقم (٣٦)
تعليل اختلاف الليل والنهار ونشوء الفصول

وعلى العكس ففي هذا التاريخ ذاته، تصبح جميع نقاط المنطقة الواقعة جنوب الدائرة القطبية الجنوبية (ويقال لها المنطقة القطبية الجنوبية) في النور، ولا تدخل في الظلام مدة هذا اليوم بكامله. والأمر العكس يحدث للمنطقتين القطبيتين في الانقلاب الصيفي أي في ٢١ حزيران (يونيه). حيث لا ترى المنطقة القطبية الشمالية الظلام، بل تظل دوماً في النور، بينما المنطقة القطبية الجنوبية تصبح في ليل طوله ٢٤ ساعة، ويستنتج أيضاً أن دائرة الإضاءة المائلة على خطوط العرض الأخرى تقسمها بشكل يجعل طول الليل يزيد على طول النهار في كل مكان من النصف الشمالي في الانقلاب الشتوي، وطول النهار يتناقص إذا ما ذهبنا من خط الاستواء نحو القطب الشمالي حتى يصبح معدوماً بعد الدائرة القطبية. (أنظر الشكل رقم ٣٦، ٣٧).

أما في النصف الجنوبي فالأمر يكون العكس في هذا التاريخ، فالنهار يزداد طوله كلما ابتعدنا عن خط الاستواء نحو القطب الجنوبي، حتى تصبح مدته

الشكل رقم (٣٧)

أربعة أوضاع للأرض في دورانها حول الشمس تبين اختلاف ميل محور الأرض على أشعة الشمس (هذا الميل ناجم عن ميل دائرة الكسوف على دائرة الاستواء) وهذا الاختلاف يسبب اختلاف مدة الليل والنهار على سطح الأرض (ما عدا خط الاستواء) وبالتالي يسبب حدوث الفصول)

اعتباراً من دائرة العرض ٣٣َ و٦٦° (وهي الدائرة القطبية الجنوبية) أربعاً وعشرين ساعة.

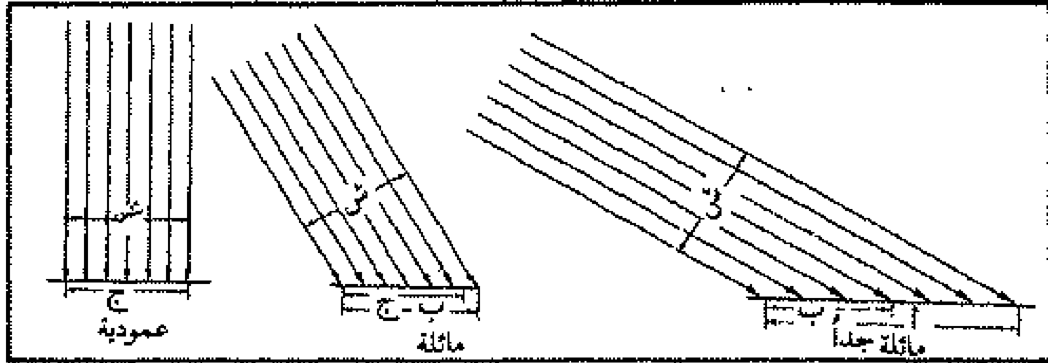
وفي الجدول التالي توجد الأرقام الصحيحة لطول النهار لبعض العروض على سطح الأرض، في يوم الانقلاب الصيفي (لنصف الكرة الشمالي):

الدائرة القطبية	النصف ساعة	الشمالي دقيقة	النصف ساعة	الجنوبي دقيقة
الدائرة القطبية	٢٤		—	
خط العرض ٥٠°	١٦	و ١٨´	٧	٤٢´
خط العرض ٤٠°	١٤	و ٥٢´	٩	٨´
خط العرض ٣٠°	١٣	و ٥٦´	١٠	٤´
خط العرض ٢٠°	١٣	و ١٢´	١٠	٤٨
خط الاستواء	١٢			

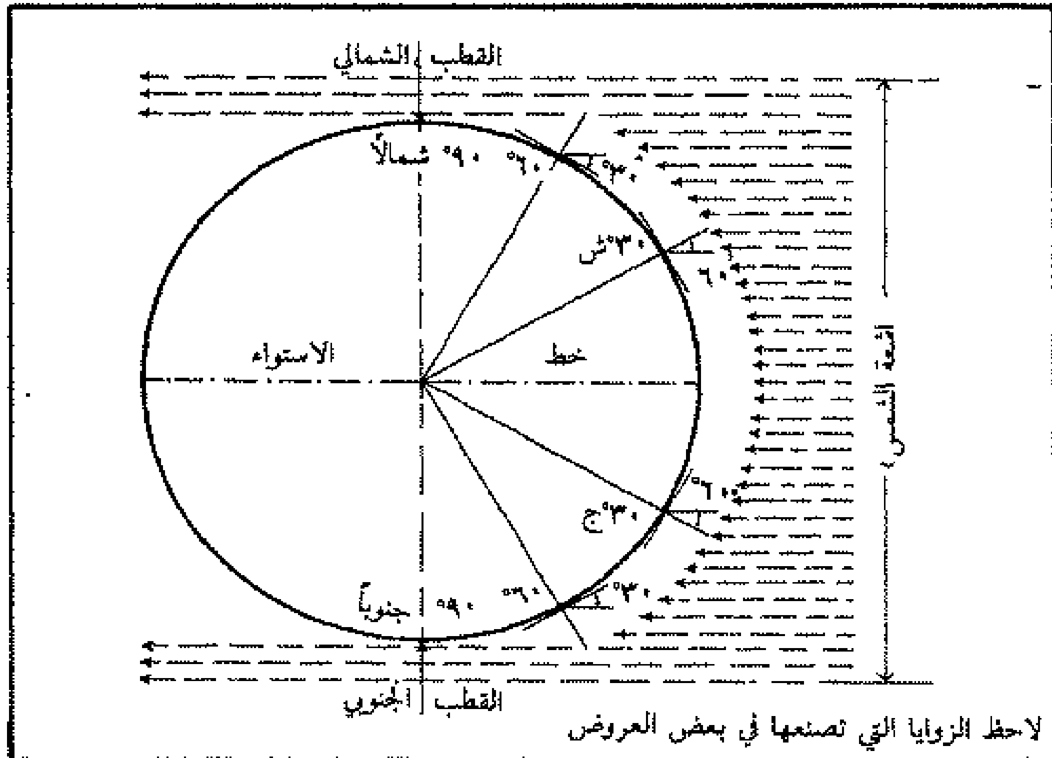
وفي الانقلاب الشتوي تكون الشروط على العكس تماماً عما كانت عليه في الانقلاب الصيفي، ويظهر هذا أيضاً من الشكل السابق، فتصبح مدد النهار ومدد الليل التي كانت للنصف الشمالي، تصبح للنصف الجنوبي والعكس بالعكس. وبين الاعتدالين والانقلابين تمر الأرض في مراحل انتقالية تدريجية بشكل يجعل النهار دوماً أطول من الليل بين الاعتدال الخريفي والاعتدال الربيعي في نصف الكرة الجنوبي، والأمر على العكس بين الإعتدال الربيعي والاعتدال الخريفي في النصف الشمالي. . وبما أن النهار هو فترة تسخن بالنسبة لسطح الكرة والليل فترة تبرد، فمن الممكن فهم العلاقة بين الفصول وبين ميل دائرة الكسوف على سطح الاستواء. فالفصل الحار هو بالنسبة لجميع نقاط سطح الأرض فصل النهار الطويل، والفصل البارد هو فصل الليل الطويل. والفرق بين الليل والنهار يزداد مع العرض الجغرافي، أي كلما ذهبنا من خط الاستواء نحو القطب، ولذلك فالفصول تصبح بيِّنة متميزة عن بعضها كلما ابتعدنا عن خط الاستواء واتجهنا نحو القطب.

هذا، وللزاوية التي تسقط بها أشعة الشمس على سطح الأرض الكروي أثراً كبيراً في مقدار تسخن أقسامها في الفصول المختلفة، وبالتالي في انقسام هذا

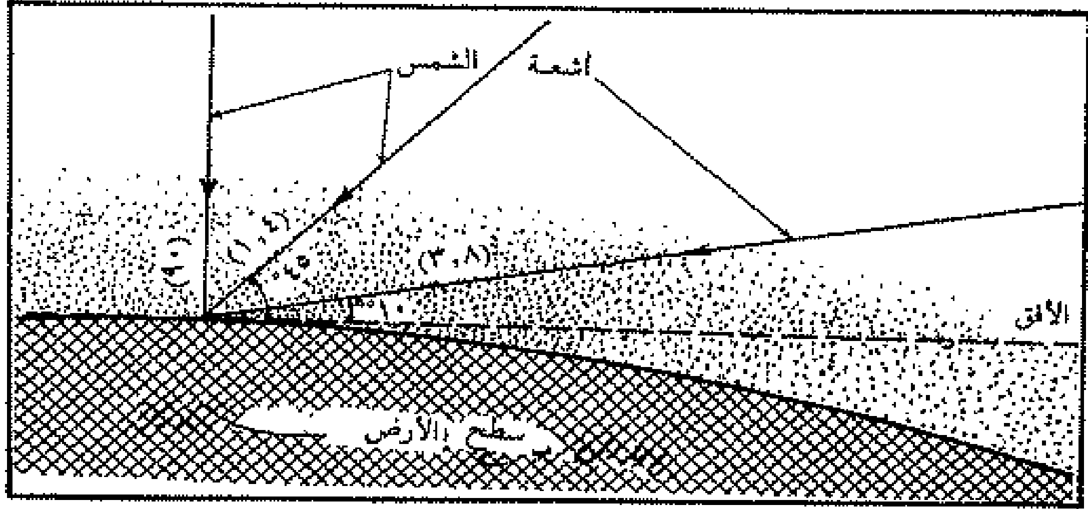
السطح إلى أقاليم مناخية كبرى. والرسوم الإيضاحية الثلاثة التالية توضح الزوايا التي تتعرض بها الكرة الأرضية إلى أشعة الشمس أثناء حركتها حولها.



الشكل رقم (٣٨)
رسم ايضاحي لسقوط أشعة الشمس على الأرض
قارن المساحة المعرضة للتسخن علمًا أن حزم الأشعة (ش) متساوية



الشكل رقم (٣٩)
أشعة الشمس على الأرض في الاعتدالين

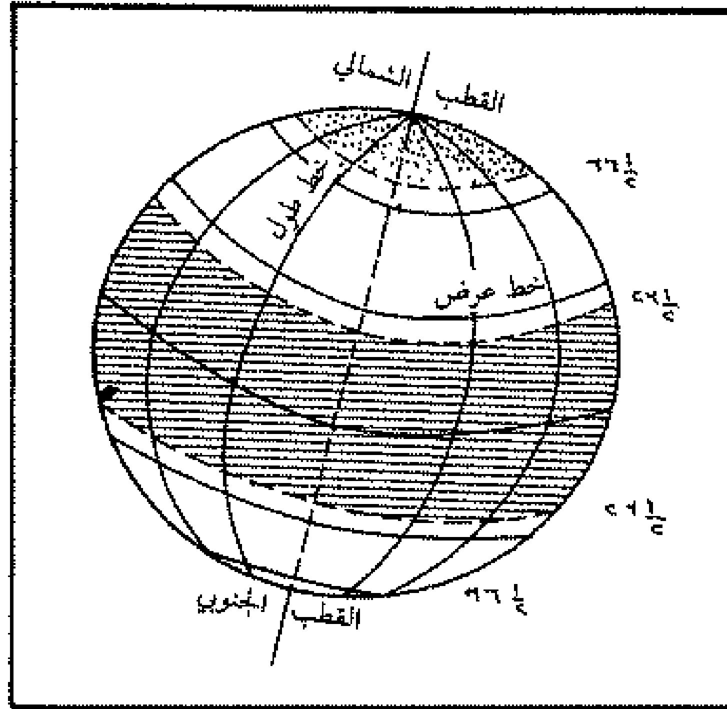


الشكل رقم (٤١)
اختلاف المسافة التي تقطعها أشعة الشمس في الجو

لاحظ الزوايا التي تصنعها مع خط الأفق في السمت وفوق ٤٠° و١٠°

□ الأقاليم المناخية الكبرى:

تقضي كروية الأرض بقبول فكرة انقسام سطحها إلى نطاقات مناخية كبرى، ويعطينا ميل دائرة الكسوف على دائرة الاستواء، وبالتالي ميل محور الأرض على دائرة الكسوف الطريقة التي نحدد بها نظرياً الحدودَ بين هذه الأقاليم. فبين خطي العرض ٢٧´ و٢٣° شمالاً وجنوباً تمتد منطقة تدعى بـ: **المنطقة المدارية**، يقل فيها اختلاف مدة الليل والنهار كما يقل فيها تغير الحرارة. وفي شمال هذه المنطقة المدارية وجنوبها تمتد **المنطقتان المعتدلتان** (أنظر الشكل رقم ٤١)، حتى الدائرتين القطبيتين، وفي هاتين المنطقتين المعتدلتين يكون اختلاف الليل والنهار كبيراً، ولكن هذا الاختلاف لا يبلغ أبداً ٢٤ ساعة، ولذلك فإن حرارة الجو تخضع لتبدلات كبيرة جداً على مر السنة. وإذا ما ذهبنا من الدائرة القطبية الشمالية نحو القطب الشمالي ومن الدائرة القطبية الجنوبية نحو القطب الجنوبي، رأينا هنالك منطقة قطبية شمالية ومنطقة قطبية جنوبية، وهما أبرد مناطق الكرة الأرضية، وذلك لأن طول الليل يكاد يبلغ فيهما ٢٤ ساعة طوال ستة أشهر.



الشكل رقم (٤١)
الخطوط الأساسية على سطح الكرة الأرضية

□ الآثار الجغرافية لميل دائرة الكسوف على دائرة الاستواء:

يكفي أن نفرض أن هذا الميل يتغير ومن ثم ننظر في الحوادث الجغرافية الناجمة عن هذا التغير. فلو كان هذا الميل منعدماً، فإن الكرة الأرضية تكون دوماً في وضع الاعتدالين (أنظر الشكل رقم ٤٢)، فيتساوى الليل والنهار، وتنعدم الفصول وتصبح الأماكن الاستوائية أكثر حرارة مما هي حالياً، والأماكن المعتدلة أبرد مما هي حالياً، وتتراجع جميع الحياة على سطح الأرض مقدار ١٥° أو ٢٠° نحو خط الاستواء بسبب تناقص الحرارة في الأماكن المعتدلة، إذ يصبح صيف المناطق المعتدلة أقل حرارة مما هو حالياً. كما أن شتاء هذه المناطق يغدو أقل برداً مما هو حالياً فتنقرض جمهرة كبيرة من النبات، ذلك أن حرارة الصيف أكثر ضرورة لنبات المناطق المعتدلة من الحرارة المعتدلة شتاء والتي تحدث فيما لو كان الاعتدال مستمراً. ولنفرض الأمر على العكس، أي أن ميل دائرة الكسوف زاد حتى بلغ (٩٠ درجة)، فيحنئذٍ نصل إلى أقصى الاختلاف بين الليل والنهار، ويظهر حينئذ التناقض بين الفصول جلياً في منطقة خط الاستواء ذاتها

الآثار التي تنجم عن انعدام ميل دائرة الكسوف

المحور العمودي
الشمس
نهار
ليل
مستوى الخسوف والكسوف
خط الاستواء
الشمس عمودية على
خط الاستواء
ليل
نهار
ليل
نهار
النهار يساوي الليل في جهات
الأرض جميعاً

الشمس
مستوى الخسوف والكسوف
خط الاستواء
ليل
القطب
مدار السرطان
نهار
الشمس عمودية
على خط الاستواء
النهار يساوي الليل في جهات الأرض جميعاً

الشكل رقم (٤٢)

ومن الممكن أن تكون اختلافات بسيطة قد طرأت مراراً على ميل دائرة الكسوف، فسببت العصور الجليدية التي تكررت خلال الأزمنة الجيولوجية.

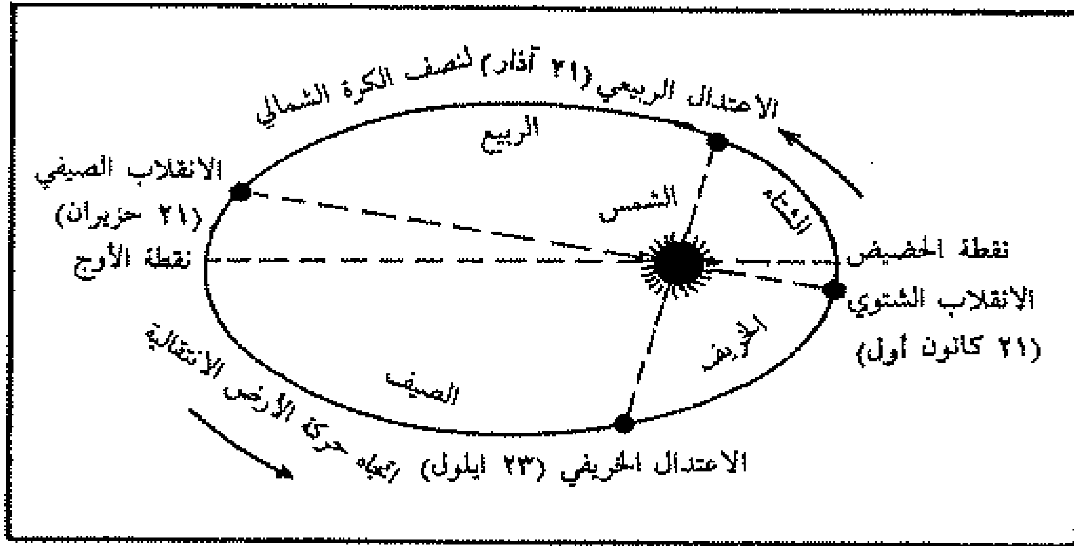
□ مدار الأرض وأثره في اختلاف مدة الفصول:

عندما عين الفلكيون بعد الأرض عن الشمس، اعتبروا أن الأرض تقع على بُعد متساوٍ في كافة نقاط المدار حول الشمس، ولكن الأمر في حقيقته ليس كذلك، وإنما جرى إعطاء البُعد الوسطي تبسيطاً للدراسة.

إن المنحنى الذي ترسمه الأرض في انتقالها حول الشمس ليس دائرة بل اهليلجاً (قطعاً ناقصاً) طول محوره الكبير ٢٩٨ مليون كم، ويقال لهذا الاهليلج: فلك الأرض أو مدار الأرض، وتحتل الشمس أحد محرقي هذا الاهليلج، وأثناء الحركة الانتقالية تصبح الأرض أقرب ما يكون من الشمس حينما تصل إلى نقطة يقال لها نقطة الذنب أو الحضيض (Perihely) وأبعد نقطة من الشمس تكون فيها الأرض هي نقطة الرأس أو الأوج (Aphely). ومن المهم معرفة أوضاع الاعتدالين والانقلابين بالنسبة لهاتين النقطتين، فالخط الذي يصل بين الانقلابين لا ينطبق على الخط الذي يصل نقطتي الأوج والحضيض[٥٤]. ومن أوضاع نقطتي الانقلابين ونقطتي الاعتدالين كما يظهر في الشكل السابق تنتج أمور هامة. (أنظر الشكل رقم ٤٣).

---

(٥٤) إن المحور الكبير للإهليلج الذي يصل بين نقطتي الأوج والحضيض يتقاطع مع خط الانقلابين تحت زاوية تساوي ١١° تقريباً.



الشكل رقم (٤٣)
اختلاف مدة الفصول

أولاً ـ إن الفصول تختلف في طولها (حسب القانون الثاني لكيبلر):(٥٥)

فالربيع يساوي ٩٢ يوماً و٢٠ ساعة و٥٩ دقيقة.

والصيف يساوي ٩٣ يوماً و١٤ ساعة و١٣ دقيقة.

والخريف يساوي ٨٩ يوماً و٨ ساعات و٣٥ دقيقة.

والشتاء يساوي ٨٩ يوماً و١ ساعة و٢ دقيقة.

ويلاحظ من تعاكس الفصول في نصفي الكرة الأرضية ومن شكل المدار الاهليلجي، أن مدة الصيف والربيع معاً تساوي ١٨٦ يوماً في النصف الشمالي و١٧٨ يوماً في النصف الجنوبي، فإذا أضفنا إلى هذا الاختلاف في مدة هذين الفصلين التفاوت في توزع البر والبحر بين نصفي الكرة الأرضية، رأينا أن

(٥٥) القانون الثاني لكيبلر «إن المساحات التي يرسمها الخط الواصل بين مركز الشمس ومركز الأرض تتناسب طرداً مع الزمن الذي يستغرقه هذا الخط في رسمها». وفي الواقع فإن المساحات أو القطاعات الأربعة من الاهليلج التي يرسمها الخط الواصل بين مركز الأرض ومركز الشمس، (أنظر الشكل رقم ٤٣)، أكبرها قطاع الصيف ثم قطاع الربيع ثم قطاع الخريف وأصغر القطاعات هو قطاع الشتاء.

النصف الشمالي يستفيد في الواقع من الحرارة الشمسية أكثر من النصف الجنوبي، وإن كانت كمية الحرارة التي يتلقاها من الشمس تساوي نظرياً ما يتلقاه النصف الجنوبي من حرارة الشمس.

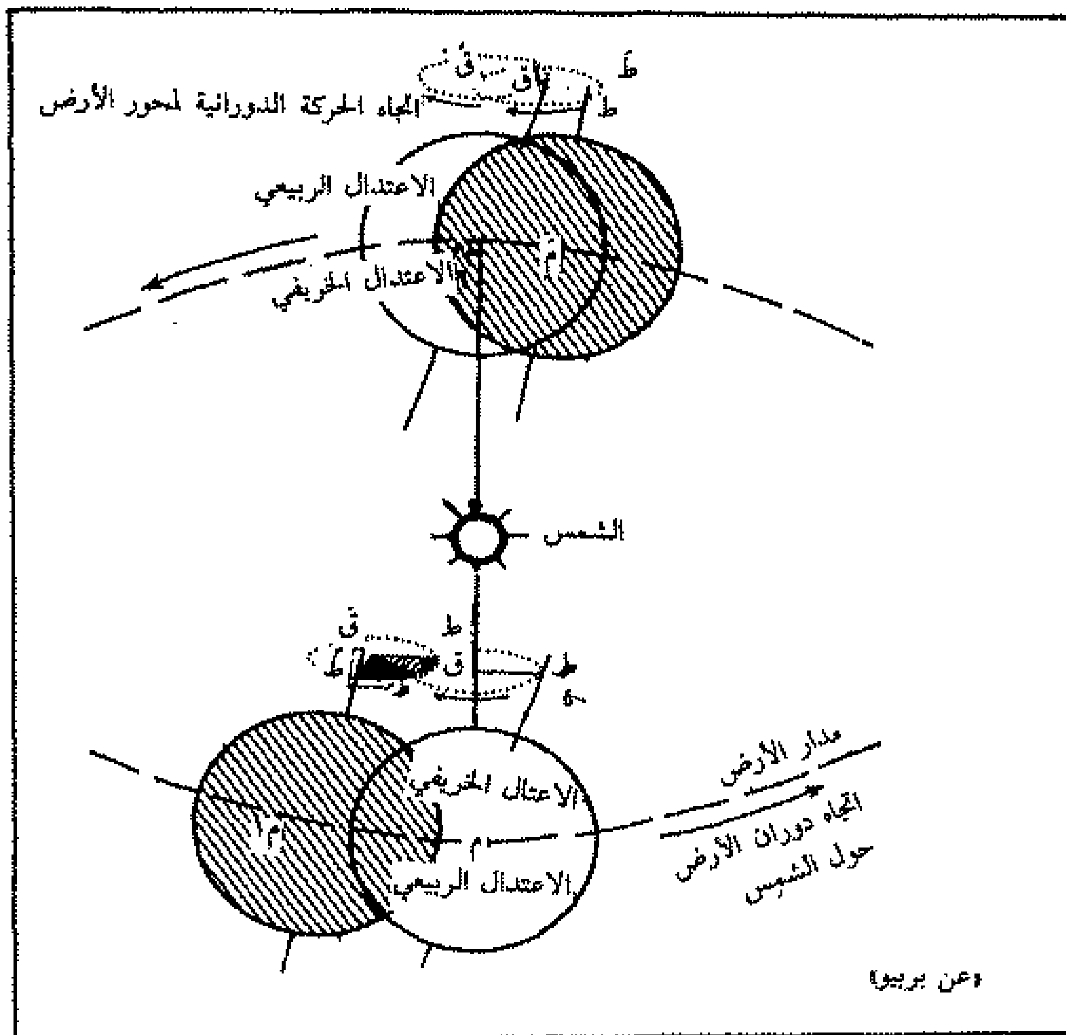
ثانياً ــ يظهر أيضاً أن الأرض تكون في الخريف والشتاء أقرب إلى الشمس منها في بقية الفصول، مع أن هذين الفصلين هما أقصر الفصول، ويشكلان الفترة الباردة في النصف الشمالي، فاختلاف الفصول في طولها يعوض اختلاف القرب من الشمس أو البعد عنها. وفي الحالة الراهنة نشاهد أن كمية الحرارة التي تتلقاها الأرض نظرياً في نصفيها في السنة الواحدة، تكاد تكون متساوية. وأن موقع نقاط الانقلابين والاعتدالين على مدار الأرض يختلف أكثر من اختلاف ميل دائرة الكسوف على خط الاستواء، وهذا الحادث يعرف بـ (مباكرة الاعتدالين)[٥٦]. (Presession des Equinoxes). وهذا التقدم يعادل ٥٠، في السنة. أي أن نقاط الاعتدالين تنتقل على مدار الأرض ويلزمها (٢٦) ألف سنة حتى تكمل دورتها على هذا المدار. وينشأ من انتقال نقاط الاعتدالين، اختلال التوازن الحروري بين نصفي الكرة. (أنظر الشكل رقم ٤٤).

وهنالك عنصر آخر عرضة للتغير أيضاً، وهو اختلاف محرقي المدار الأرضي (الأهليلج)، أي اختلاف النسبة بين طول المحور الكبير والمحور الصغير للاهليلج. فإذا ازدادت هذه النسبة فإن (نقطة) الحضيض تقترب من الشمس وتصبح أكثر حرارة أيضاً من نقطة الأوج التي زادت بعداً عن الشمس، وحينئذٍ يصبح لاختلاف موقع نقاط الاعتدالين على مدار الأرض أهمية

---

(٥٦) مباكرة الاعتدالين أو تقدم الاعتدالين، فرضية كتب عنها الفلكيون المسلمون. ومع ذلك فإن تفسير هذا التقدم لا زال يعتمد على آراء غير محققة.

وتقول الفرضية بأن محور الأرض لا يبقى موازياً لنفسه دوماً، وإنما يرسم في فترة (٢٦) الف سنة مخروطاً إلتفافياً نصف زاوية رأسه تعادل ٢٣° درجة. وأن للشمس والقمر أثر في مباكرة الاعتدالين وبالتالي تغيير مواقع الفصول على مدار الأرض وتغيير أطوالها. (راجع كتاب الأميركي (درابر) عن خدمة العرب للعلوم).



الشكل رقم (٤٤)
الشرح النظري لمباكرة الاعتدالين

كبيرة جداً. ومن هنا نشأت نظرية من النظريات التي اعتمد عليها العلماء في تعليل الأزمنة الجمودية. وإذا ما أردنا أن نجد تفسيراً فلكياً للتبرد الذي أصاب الأرض خلال الأزمنة الجيئولوجية والذي سبب انتشار الجموديات الكبير في الزمن الرابع، فمن المعقول أن نقبل تضافر جميع الاختلافات الممكنة في موقع الأرض في الفراغ وفي حركتها، (اختلاف في ميل دائرة الكسوف ـ اختلال النسبة بين محوري مدار الأرض ـ واختلاف موقع نقاط الاعتدالين)، مما يسبب

نقصاً في الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه الأرض. وقد صنع العالم (ميلانكوفيتش) لوائح لـ(٥٠٠) قرن خلت مرّت على الأرض ومنها يظهر شبه انطباق بين التواريخ التي حدد فيها (ميلانكوفيتش) نقصان الإشعاع الشمسي على الأرض، وبين التواريخ، المقبولة من العلماء، التي انتشرت فيها الجموديات الأخيرة على سطح الأرض..

وهذه النظريات تكفي لتبيان الفائدة الجغرافية من دراسة الكرة الأرضية وشكلها وحركتها.

فهنالك زمرة من الحوادث العامة تهيمن على جميع مظاهر الحياة الطبيعية والعضوية، يجب أن تكون ماثلة دوماً في أذهان الجغرافيين.

الفصل الرابع
تعيين الأماكن على سطح الأرض
وحساب الزمن

لتعيين مواقع الأمكنة على سطح الأرض بالنسبة بعضها إلى بعض يجب اتخاذ محورين للاحداثيات الجغرافية تعين بالنسبة لهما مواقع جميع نقاط سطح الأرض. وقد اتفق العلماء على اعتبار خط الاستواء مبدأً لخطوط العرض(٥٧). واعتبار النصفين الشمالي والجنوبي من الكرة الأرضية مقسومين أحدهما الشمالي إلى تسعين درجة عرض شمالية وثانيهما الجنوبي إلى تسعين درجة عرض جنوبية. كما اتفق العلماء أيضاً على اعتبار نصف دائرة الطول التي تمر من مرصد غرينتش في انكلترا والتي تمر من القطبين، مبدأً لخطوط الطول أو دوائر الطول، واعتبار المئة والثمانين نصف دائرة الواقعة شرق غرينتش خطوط طول شرقية(٥٨). واعتبار المئة والثمانين نصف دائرة الواقعة غرب غرينتش خطوط طول غربية. وهذا هو الاتفاق الذي أجمع عليه العالم منذ قرنين تقريباً.

ولتعيين موقع نقطة من سطح الأرض بالنسبة إلى خط الاستواء وإلى خط طول غرينتش يجب قياس درجة عرض هذه النقطة ودرجة طولها.

---

(٥٧) أول من اتخذ خط الاستواء مبدأ لخطوط العرض هم العرب وذلك استناداً إلى شكل الأرض الكروي وتناظر نصفيها بالنسبة لسطح دائرة الاستواء. راجع «المقدمة» لابن خلدون، والجزء الأول من «معجم البلدان» لياقوت الحموي.

(٥٨) يلاحظ أن خط الطول (١٨٠°) شرقاً هو عين خط الطول (١٨٠°) غرباً إذ هو نصف الدائرة المتممة لخط طول غرينتش.

١ ــ قياس درجة العرض لنقطة من سطح الأرض:

يقول «ابن خلدون» في مقدمته (إن عرض بلد من البلدان هو مقدار ارتفاع نجم القطب على أفق هذا البلد). أي مقدار الزاوية التي يصنعها الخط الذاهب من تلك النقطة إلى نجم القطب مع أفق مكان تلك النقطة أي مع السطح المستوى المماس للكرة الأرضية في تلك المنطقة.

وهذه النظرية لا تزال صحيحة وسهلة التطبيق ولم يجد العلماء خيراً منها.

الإثبات: لتكن النقطة (ط) من سطح الأرض التي يراد تعيين عرضها (أنظر الشكل رقم ٤٥)، أي مقدار القوس (ط سَ) أو الزاوية ط م س = ع. التي يؤلفها نصف قطر الأرض (ط م) مع سطح الاستواء (س ، سَ)، وليكن أفق النقطة المستوى (ف ، فَ)، المماس للكرة الأرضية في النقطة (ط)، وبما أن القطب السماوي (أي حيث يخترق خط القطبين القبة السماوية) موجود في

الشكل رقم (٤٥)
قياس درجة العرض

اللانهاية[٥٩]، فالخط (ط ق٢) الذاهب من نقطة ط إلى نجم القطب، يمكن

(٥٩) إن موقع نجم القطب في القبة السماوية قريب جداً من موقع القطب السماوي ويبعد نجم القطب عن الأرض مقدار ست وأربعين سنة ضوئية ونصف السنة، فيمكن اعتباره موجوداً في=

اعتباره موازياً لخط (ق ، ق[1]) الواصل بين قطبي الأرض ونجم القطب.

وبما أن الزاويتين: ط م س، ق[2] ط ف متعامدتا الأضلاع وكلتاهما حادتان فإنهما متساويتان(٦٠).

٢ ـ قياس درجة العرض بواسطة أشعة الشمس:

يمكن قياس درجة العرض لنقطة ما ساعة الظهر تماماً في يومي الاعتدالين إذ تصبح الشمس عمودية على محور الأرض في هذا الوقت. وينتج من هذا التعامد أن أشعة الشمس تؤلف في هذا الوقت فقط مع الأفق في جميع نقط النصف المضيء من الأرض تؤلف زاوية متممة لعرض هذه الأمكنة. فيكفي إذن لمعرفة درجة عرض نقطة ما طرح قيمة هذه الزاوية من ٩٠°، ويتضح من هذه الطريقة صعوبة ضبط مثل هذا القياس وقصر المدة التي يمكن فيها إجراء قياس الزاوية، والطريقة الأولى أسهل وممكنة ليلاً ونهاراً في جميع أيام السنة.

٣ ـ قياس درجة الطول لنقطة من سطح الأرض:

إن درجة طول نقطة ما من سطح الأرض تساوي بالدرجات والدقائق والثواني، جداء عدد الساعات والدقائق والثواني الزمنية التي تنقضي بين مرور النجم ذاته في دائرة طول تلك النقطة من القوس، ومروره في دائرة الطول

= اللانهاية عملياً. ويمكن اعتبار الخطوط الواصلة بينه وبين مختلف النقاط على سطح الأرض خطوطاً متوازية فيما بينها.

(٦٠) ويمكن حساب درجة العرض لأي مكان من سطح الأرض بقياس ارتفاع أي نجم من النجوم يمر في دائرة طول ذلك المكان مرتين في اليوم الواحد (أي أن يكون ذلك النجم دوماً فوق أفق ذلك المكان لا ينزل تحته) ويكفي لحساب درجة العرض في هذه الحال أن نأخذ الوسط الحسابي (أي نصف المجموع لارتفاعي هذا النجم فوق الأفق في المرتين حينما يمر بخط طول ذلك المكان).

المتخذة مبدأ (أنظر الشكل رقم ٤٦)، أي نتيجة ضرب هذا العدد بـ ١٥.

ولو أردنا أن نعين درجة الطول الشرقية لنقطة (ط)، من سطح الأرض فإننا نعلم أن الأرض في حركتها اليومية تدور من الغرب إلى الشرق مقدار ١٥° من الدائرة في الساعة الزمنية الواحدة. كما أنها تدور ١٥ دقيقة من الدائرة في دقيقة زمنية واحدة وتدور ١٥ ثانية من القوس في ثانية زمنية واحدة ولذلك فالنجم الذي شوهد في دائرة طول (ط)، ثم شوهد في دائرة طول غرينتش يظهر كأنه يتحرك من المشرق إلى المغرب على عكس حركة الأرض الحقيقية. فيكفي إذن أن نعين بواسطة الساعة الوقت الذي يظهر فيه نجم من النجوم في دائرة طول (ط) ثم في دائرة غرينتش ونحسب الفرق بين الوقتين ثم نضرب هذا الفرق بـ ١٥ فنحصل على درجة طول نقطة ط.

الشكل رقم (٤٦)
قياس درجة طول

٤ ــ طرق حساب الزمن:

لحساب الزمن طريقتان:

□ **الطريقة الأولى:** تنقل آلات قياس الوقت (Chronometer) من غرينتش أو من مكان معروف طوله إلى المكان (ط)، المراد تعيين طوله الجغرافي وذلك بعد أن تضبط هذه الآلات على الوقت في مكان المبدأ (غرينتش) ثم تعين

الساعة التي يمر النجم فيها بدائرة طول (ط) والساعة التي يمر فيها في دائرة طول غرينتش، ومن الفرق بين الساعتين يمكن حساب درجة طول (ط).

ودفعاً لحدوث أخطاء في آلات قياس الوقت، فالفلكيون والجغرافيون يعمدون إلى نقل عدد كبير منها إلى المكان المراد قياس درجة طوله.

- **الطريقة الثانية**: هي تبادل الإشارات بين النقطة (ط) وبين غرينتش لإعلام كل منهما عن وقت مرور النجم في دائرة طول كل من المكانين، وهذا التبادل كان يجري قديماً بواسطة إيقاد نار ملونة. أما حالياً فالبرق يقوم بهذا الإعلام وعملياً يمكن حالياً مقارنة الساعة المحلية لمكان ما من سطح الأرض مع الساعة المحلية لغرينتش وذلك بفضل الإذاعات اللاسلكية التي لا تنقطع أبداً بين أجزاء العالم.

ويمكن **استخدام خطوط الطول في تعيين الوقت على سطح الأرض**. فمن المعروف أن الكرة الأرضية تدور حول نفسها أمام الشمس من الغرب إلى الشرق. وتتم دورة كاملة تقريباً كل ٢٤ ساعة وهذا يعني أن خطوط الطول الـ (٣٦٠°) تمر أمام الشمس تباعاً واحداً وراء الآخر خلال يوم كامل والمسافة بين خطي طول يمران أمام الشمس هي فترة زمنية مقدارها ٤ دقائق $\frac{٢٤ \times ٦٠}{٣٦٠}$ = ٤ دقائق، أي بمعدل ساعة لكل ١٥ خط من خطوط الطول. وتشرق الشمس على جميع الأماكن التي تقع على خط طول واحد في آن واحد، وكذلك في حالة الغروب. هذا ولما كانت الكرة الأرضية تدور من الغرب إلى الشرق كانت الشمس تشرق على خطوط الطول التي تقع إلى الشرق أسبق زمنياً من تلك الواقعة إلى غربها. وكل خط طول يسبق الذي يقع إلى الغرب منه بفترة زمنية قدرها ٤ دقائق.

فإذا كانت الساعة السادسة صباحاً مثلاً على خط طول غرينتش كانت الساعة ٦,٤٠ على خط طول ١٠° شرقاً بينما تكون ٥,٢٠ على خط طول ١٠° غرباً. وعليه يمكن الاستفادة من خطوط الطول في حساب الوقت، كما يمكن الاستفادة من الوقت في حساب خط الطول أيضاً. فمعرفة الوقت في مكان ما معلوم خط طوله ومقارنته بالوقت في مكان على خط طول مجهول يمكن من حساب هذا

الخط المجهول. وبداهة أنه إذا كان الوقت في المكان على خط الطول المجهول يسبق الوقت في المكان على خط الطول المعلوم، يكون الخط الأول واقعاً إلى الشرق من الثاني والعكس صحيح، أعني إذا كان الوقت على خط الطول المجهول متأخراً عن وقت الآخر كان واقعاً إلى الغرب، وفارق الزمن يعادل فارق الطول. وفي العادة ينسب إلى زمن خط طول (غرينتش) ومنه يعرف خط الطول.

فمثلاً إذا كانت الساعة في مكان ما وليكن (أ) الساعة السادسة صباحاً وفي نفس اللحظة أدرنا مؤشر الراديو إلى محطة غرينتش وكانت الساعة الواحدة صباحاً فهذا يعني أن (أ) تقع إلى الشرق من غرينتش وأن خط طولها = $\frac{٥ \times ٦٠}{٤}$ = ٧٥ درجة. أي نحول فرق الوقت بين (أ) وغرينتش إلى دقائق ونقسم الناتج على (٤)، وهي المسافة الزمنية بين كل خطي طول.

من العرض السابق يتضح لنا أنه بالإستعانة بشبكة خطوط الطول ودوائر العرض، يمكن تعيين مواقع الأماكن والظاهرات بدقة على سطح الأرض كأن يقال مثلاً: يقع المكان (أ) على ٣٢°١٥َ٢٤ً شمالاً، و١٣°٤٦َ٤٥ً شرقاً، وهذا ما يسمى بالأحداثي الفلكي للمكان. وبمعرفة هذا الأحداثي لأي موقع على سطح الأرض فإنه يمكن توقيعه في الحقل المناسب على أي خريطة مرسوم عليها الشبكة الفلكية. ويمكن معرفة أيضاً الاحداثي الفلكي لأي موقع على الخريطة وذلك برسم خط يوازي دوائر العرض يمر بهذا المكان وخط آخر يوازي خطوط الطول يمر به أيضاً. وبحساب النسبة والتناسب يمكن استنتاج بعد المكان عن أقرب دائرة عرض أو أقرب خط طول من الخطوط المرسومة على الخريطة.

هذا وان جميع ما تقدم من قياسات تهتم بتحقيقه عادة (الجغرافيا العملية) (Practical Geography).



الفصل الخامس

القمر تابع للأرض

١ ـ معلومات عامة:

لكوكب الأرض تابع واحد (قمر) يبعد عنه (٣٨٤,٤٦٥) كم. ويتم دورته في ⅓ ٢٧ يوماً. وينطبق ثانية مع موقع الشمس كل ½ ٢٩ يوماً، أي عندما يعود كهلال جديد، وهو يدور دورة واحدة حول محوره كلما دار دورة حول الأرض.

ومدار القمر الفعلي حول الأرض قريب من الدائرة وهو عبارة عن جسم كروي، قطره يساوي ربع قطر الأرض تقريباً (٣٤٧٤ كم)، أما سرعته وهو يدور حولنا فبطيئة لا تتجاوز (٣٢١٧ كم) في الساعة. ولهذا فلا نرى من القمر إلا ثلاثة أرباع سطحه.

وقد ارتبطت بالقمر أساطير كثيرة ثبت اليوم عدم صحتها اطلاقاً، كازدهار موسم البطاطا إذا تم غرسها ليلاً عندما يكون القمر في المحاق، وأن الطقس الخشن أي السيء يرتبط بوضع معين للهلال بالنسبة للشمس الخ.

ويمتد النهار مدة نصف شهر على وجه من أوجه القمر، بينما يستمر الليل مدة نصف شهر آخر، بالتبادل على وجهي القمر، يتعرض فيها هذا الوجه إلى برد طويل قارس بينما يتعرض الوجه المقابل للشمس لحرارة محرقة، وكل ذلك يعود إلى انعدام أي نوع من الجو فوق سطح القمر.

ويلاحظ على القمر في الجانب المنير منه وعندما يكون بدراً، وجود بقع

مظلمة كانت مثاراً لخيال المتخيلين من حيث ما تمثله من أشكال. وقد أطلق الناس على البقع المظلمة هذه أسماء وهمية، بعد أن ظنوا أنها بحار كبحر (الهدوء)، وبحر (العواصف) وخليج (أقواس القزح) الخ. ولكن العلماء عرفوا اليوم أنها ليست بحاراً، لأنه لا يوجد على القمر ثمة ماء ولا مطر ولا غيوم، وأن ما أسماه بعض العلماء باسم بحار ليس إلا مناطق أشد استواء من غيرها تبدو بين جبال القمر التي تشع عليها الشمس. فالقمر ليس إلا صحراء لا حياة عليها.

ولعل السبب في انعدام الغلاف الغازي فوق سطح القمر، يعود إلى ضعف جاذبيته التي لا تتجاوز سدس جاذبية الأرض.

وانعدام الماء وكذلك الهواء ترك سطح القمر دون عوامل للتعرية لذلك يعتقد أنه بقي على شاكِلَة خلقته منذ الأزل.

وقد بينت الصور التي أرسلتها سفينة الفضاء التي حطّت على سطحه، وكذلك المعلومات التي حملها رائدا الفضاء اللذين نزلا فوق سطحه وجمعا الكثير من صخوره، صدق ما شاهدته المراقب (التلسكوبات) على الأرض، إذ وجدوا سلاسل جبلية تمتد على سطحه، كما شاهدوا الكثير من الفوهات البركانية المنطفئة، والفوهات الكونية التي نجمت عن سقوط الشهب والنيازك على سطحه غير المحمي، حيث يتراوح قطر هذه الفوهات بين (٢ كم) و (٢٥٠ كم).

وقد أطلقت أسماء على جبال القمر مماثلة لجبال الأرض كجبال (الابنين) وجبال (الالب) ولعل معظمها قد نشأ نتيجة سلسلة متصلة من فوهات البراكين.

وقد اعتقد بعض علماء الفلك طويلاً بأن القمر جزء انفصم عن الأرض أثناء دورانها حول نفسها بسرعة أكبر من سرعتها الحالية. لذلك اعتقدوا أن صخوره ومراحل تطوره مشابهة للتي على الأرض. ولكن ثبت بما لا يقبل الشك، أن القمر يختلف في بنية صخوره والمراحل التي مر بها عن الأرض، ولعله كتلة كبيرة تشبه الكواكب أسرتها الجاذبية الأرضية فجعلت تدور حولها.

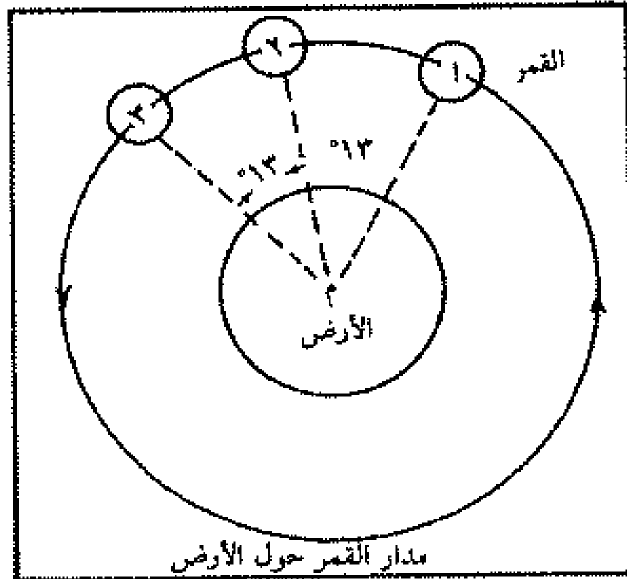
ويعتقد بعض العلماء أن جاذبية الأرض هذه هي المسؤولة عن تخفيف سرعة دوران القمر مع مرور الزمن. . كما أن جاذبية القمر نفسه، مسؤولة إلى حد ما عن تباطؤ سرعة الكوكب الأرضي. بحيث يزداد طول اليوم الأرضي ثانية كاملة كل ألف قرن من الزمن، حتى أن طول اليوم على الأرض قد يساوي في المستقبل البعيد طول شهر من أشهر الأرض الحالية، وعندها تصبح الأرض كالقمر أي تدير وجهاً واحداً من وجهيها إلى القمر نفسه.

٢ ـ الظاهرات الجغرافية المرتبطة بالقمر:

بعد أن عرضنا إلى معلومات عامة عن القمر (تابع الأرض) سنهتم هنا بدراسة الظاهرات الجغرافية التي ترتبط بالقمر لنتعرف من خلالها على هذا التابع بشكل أكثر دقة وعمقاً. .

☐ اليوم القمري:

القمر كبقية الأجرام السماوية يتحرك حركة ظاهرية بسبب دوران الأرض حول نفسها فيشرق في كل يوم من الشرق ويغرب في الغرب إلا أنه يلاحظ أن شروق القمر يتأخر في كل يوم عن اليوم السابق له بمقدار (٥٢) دقيقة ولنفسر ذلك تذكر ما يلي: (أنظر الشكل رقم ٤٧).



الشكل رقم (٤٧)
اليوم القمري

إذا واجه القمر في يوم من الأيام النقطة (أ) على سطح الأرض، فإن الأرض بعدما تتم دورة كاملة حول نفسها في مدة ٢٤ ساعة تعود النقطة (أ) إلى مكانها الذي كان يواجه القمر في اليوم السابق (ولكنها لا تجد القمر)، ويكون القمر في هذا اليوم (أي في ٢٤ ساعة) قد قطع من مداره حول الأرض نحو من ١٣° درجة. . ذلك لأنه يتم دورته حول الأرض في ٢٨ يوماً تقريباً أي أنه يقطع ٣٦٠° في ٢٨ يوماً أو يقطع ١٣° في اليوم الواحد تقريباً.

ولكي تعود النقطة (أ) إلى مواجهة القمر من جديد، فلا بد للأرض من أن تدور ١٣ درجة. وهذه الدرجات تقطعها الأرض في ٥٢ دقيقة (١٣ درجة × ٤ دقائق). ومعنى ذلك أن النقطة (أ) التي واجهت القمر في اليوم السابق، تعود فتواجهه ثانية بعد مرور ٢٤ ساعة + ٥٢ دقيقة.

وهذه الدقائق الـ ٥٢ هي التي يتأخرها شروق القمر في كل يوم.

□ أوجه القمر:

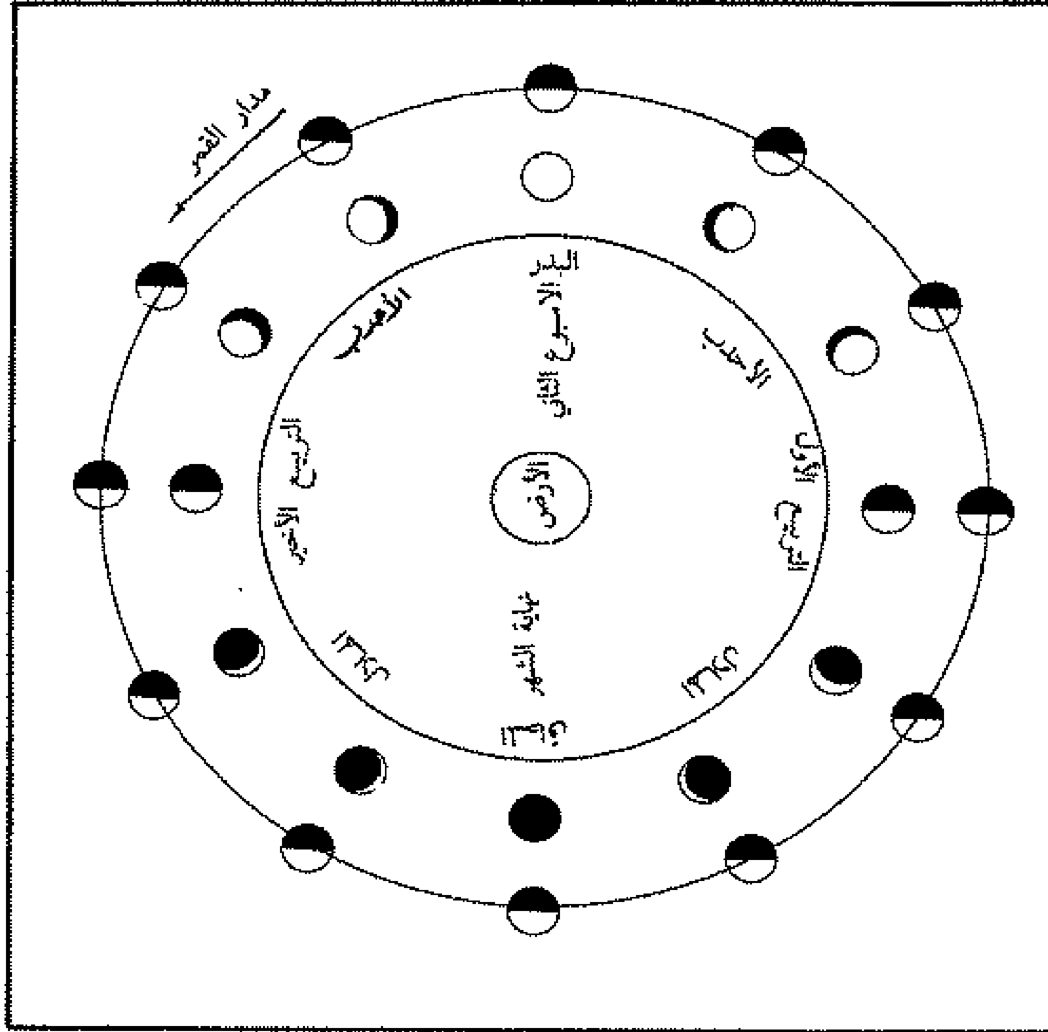
لما كان القمر جسماً كروياً معتماً فإنه غير مضيء بنفسه إلا أنه كبقية كواكب المجموعة الشمسية وأقمارها يتلقى أشعة الشمس فيبدو نصفه المواجه للشمس منيراً، أما النصف الآخر فإنه يقع في الظل وبناء على ذلك يظل مظلماً.

ونتيجة لدوران القمر حول الأرض، فإن وجهه المنير لا يظهر لنا على شكل دائرة كاملة على مدى الأيام، وإنما يتغير الجزء الذي نراه منه يوماً بعد يوم، فتارة نراه دائرة كاملة، وتارة نراه دائرة ناقصة. . وتارة نراه نصف دائرة أو ربع دائرة، وتارة لا نراه إطلاقاً، هذه الأشكال جميعاً يعرفها الفلكيون بـ «أوجه القمر»، ولتفسير ذلك، نذكر ما يلي:

يوضح الشكل المرافق ثلاث ظاهرات.

الأولى ــ موقع الشمس بالنسبة لكل من الأرض والقمر، ومنه يتضح أن النصف الذي يواجه الشمس من الأرض ومن القمر في أوضاعه المختلفة منير لأن أشعة الشمس تسقط عليه أما النصف الآخر فإنه يقع في الظل وبناء على ذلك يكون مظلماً.

الثانية ــ ثمانية أوضاع للقمر، وهو في مداره حول الأرض كما يبدو بالنسبة للشمس. ومنها يتضح أن القمر في أوضاعه الثمانية يبدو بشكل واحد لا يتغير، وفيه يظهر نصف القمر المواجه للشمس منيراً والنصف الآخر مظلمًا. (أنظر الشكل رقم ٤٨).



الشكل رقم (٤٨)
أوجه القمر

الثالثة ـ الأوضاع الثمانية للقمر، وهو في مداره حول الأرض. وفيها يظهر شكل القمر كما يبدو لأهل الأرض، ومنه يتبين أن القسم المنير من القمر لا يظهر كله لأهل الأرض.. وإنما الذي يظهر هو فقط الجزء المواجه للأرض. ففي الأيام الأولى من الشهر القمري، أي في منتصف الأسبوع الأول منه، يظهر لأهل الأرض جزء بسيط من الوجه المنير من القمر ويكون على شكل هلال.

ـ وفي نهاية الأسبوع الأول يظهر لأهل الأرض نصف الوجه المنير من القمر، ويبدو على شكل نصف دائرة ويسمى التربيع الأول.

ـ وفي منتصف الأسبوع الثاني يظهر لأهل الأرض أكثر من نصف الوجه المنير من القمر، ويبدو على شكل دائرة ناقصة ويسمى الأحدب الأول.

ـ وفي آخر الأسبوع الثاني أو منتصف الشهر القمري، يظهر لأهل الأرض جميع الوجه المنير ويبدو على شكل دائرة ويسمى البدر.

ـ وفي منتصف الأسبوع الثالث، يظهر لأهل الأرض أكثر من نصف وجهه المنير فيبدو القمر على شكل دائرة ناقصة ويعرف بالأحدب الثاني.

ـ وفي نهاية الأسبوع الثالث يظهر لأهل الأرض نصف الوجه المنير ويبدو على شكل نصف دائرة ويسمى التربيع الثاني أو الأخير.

ـ وفي منتصف الأسبوع الرابع، يظهر لأهل الأرض جزء صغير من الوجه المضيء من القمر، ويبدو على شكل هلال ويعرف بالهلال الثاني.

ـ وفي نهاية الشهر القمري يكون النصف المظلم من القمر مواجهاً للأرض، وبذلك لا يرى ويقال للقمر عندئذٍ أنه في المحاق.

نستنتج مما سبق، أن القمر يبدأ في أول الشهر هلالاً، ثم يكبر شيئاً فشيئاً إلى أن يكون بدراً في منتصف الشهر ثم يعود بعد ذلك فيتضاءل ما نراه منه تدريجياً، إلى أن يعود هلالاً كما كان في أول الشهر. وفي نهاية الشهر يختفي تماماً. ﴿والقَمَرَ قدَّرناهُ منازِلَ حتىّ عادَ كالعُرْجُونِ القَدِيمِ...﴾ الآية ٣٩، سورة يس.

ونستنتج مما سبق كذلك، أن القمر عندما يكون في موقع بين الشمس والأرض يكون محاقاً، وعندما تكون الأرض في موقع بين الشمس وبين القمر يكون بدراً.

وأهم ما يلاحظ بالنسبة لوجه القمر، أن الجزء المظلم من القمر لا يرى أبداً إلا في حالة واحدة هي عندما يكون القمر هلالاً، وهو يظهر بلون بني داكن.

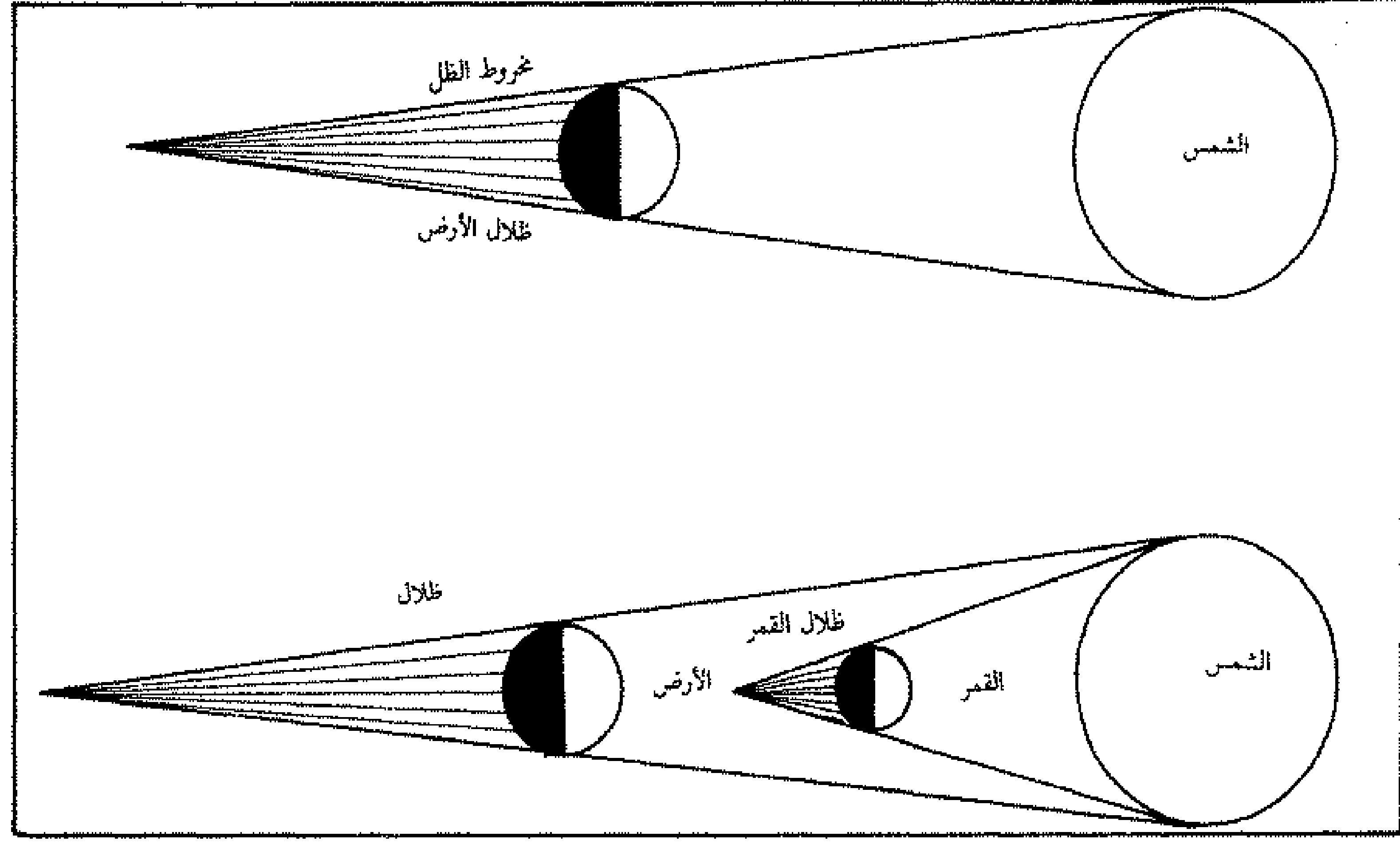
□ الخسوف والكسوف:

عندما ترسل الشمس أشعتها في فضاء الكون وتلقيها على ما يصادفها من أجسام معتمة، وهذا ما نشاهده في حياتنا اليومية، فالأفراد والمباني والأشجار وحتى الجبال... هذه جميعاً تتكون لها ظلال في جوانبها المعاكسة للجوانب التي تواجه أشعة الشمس.

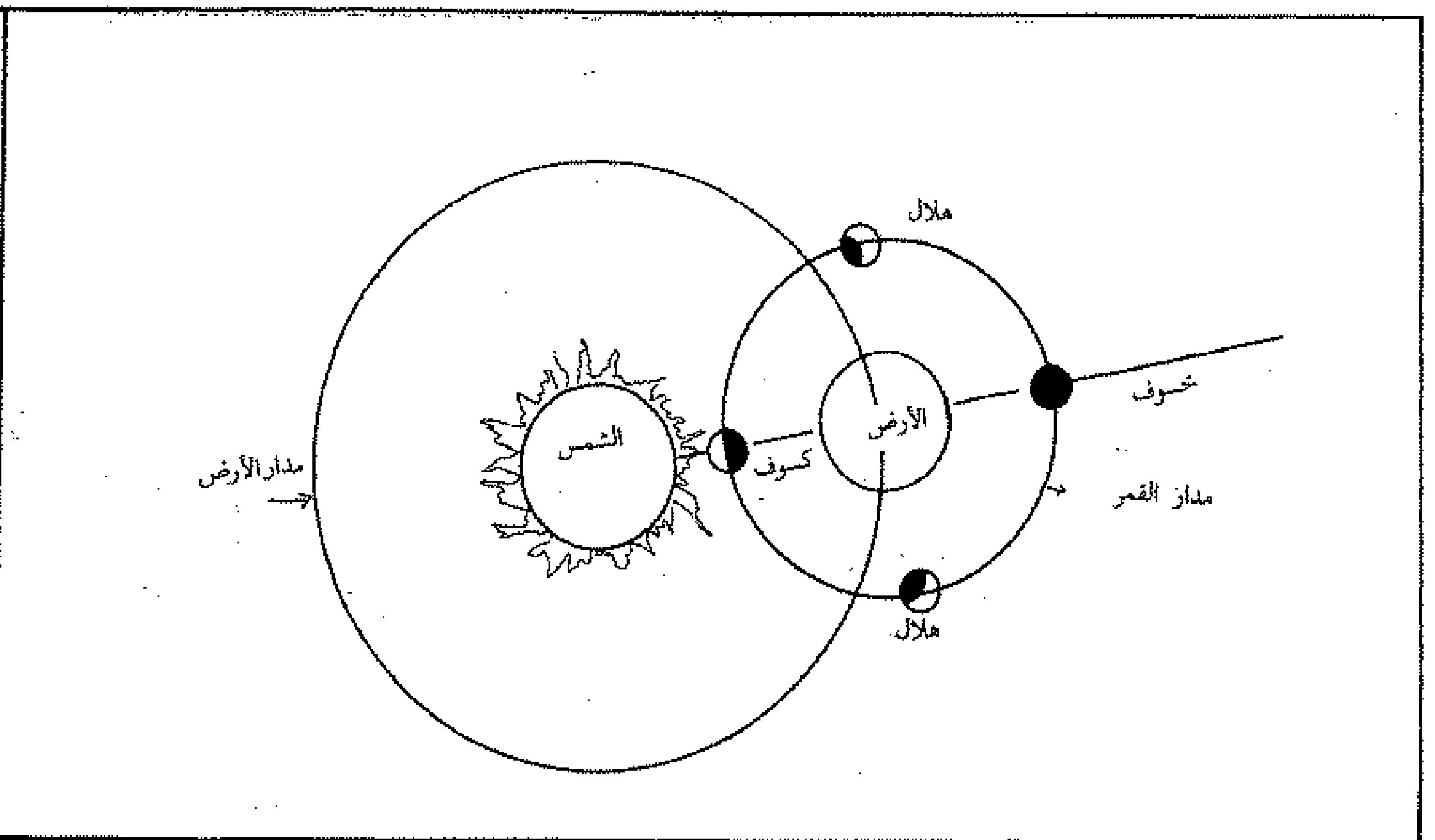
وهذا ينطبق تماماً على كواكب المجموعة الشمسية وأقمارها، فإنها عندما تتلقى أشعة الشمس بأحد جوانبها تتكون لها ظلال في الجانب المعاكس، فإذا طبقنا ذلك على الأرض وعلى القمر، فإنه يكون لهما ظلال في الجانب الآخر المقابل للجانب المواجه للشمس. ويوضح الشكل الآتي ذلك. (أنظر الشكل رقم ٤٩).

إذا أدركنا هذه الحقيقة وأدركنا معها أن القمر يدور حول الأرض أمام الشمس، وأنه في أحد أوضاعه بين الأرض والشمس وأنه في وضع آخر تقع الأرض بينه وبين الشمس، استطعنا أن نستنتج أن مخروط ظل القمر إذا وصل إلى الأرض فإنه يحجب عنها ضوء الشمس ويحدث ما يعرف بكسوف الشمس. وأن نستنتج أن مخروط ظل الأرض إذا غمر القمر فإنه يحجب ضوء الشمس عن القمر وبذا يختفي، ويحدث ما يعرف بخسوف القمر.

ونظراً إلى أن القمر في أثناء دورته الشهرية حول الأرض يتوسط مرة بين الشمس والأرض وتتوسط الأرض بينه وبين الشمس، فإنه بناء على ذلك، يمكن القول بأن كسوف الشمس وخسوف القمر يمكن أن يحدثا في كل شهر قمري. (أنظر الشكل رقم ٥٠).



الشكل رقم (٤٩)
ظلال الأرض والقمر

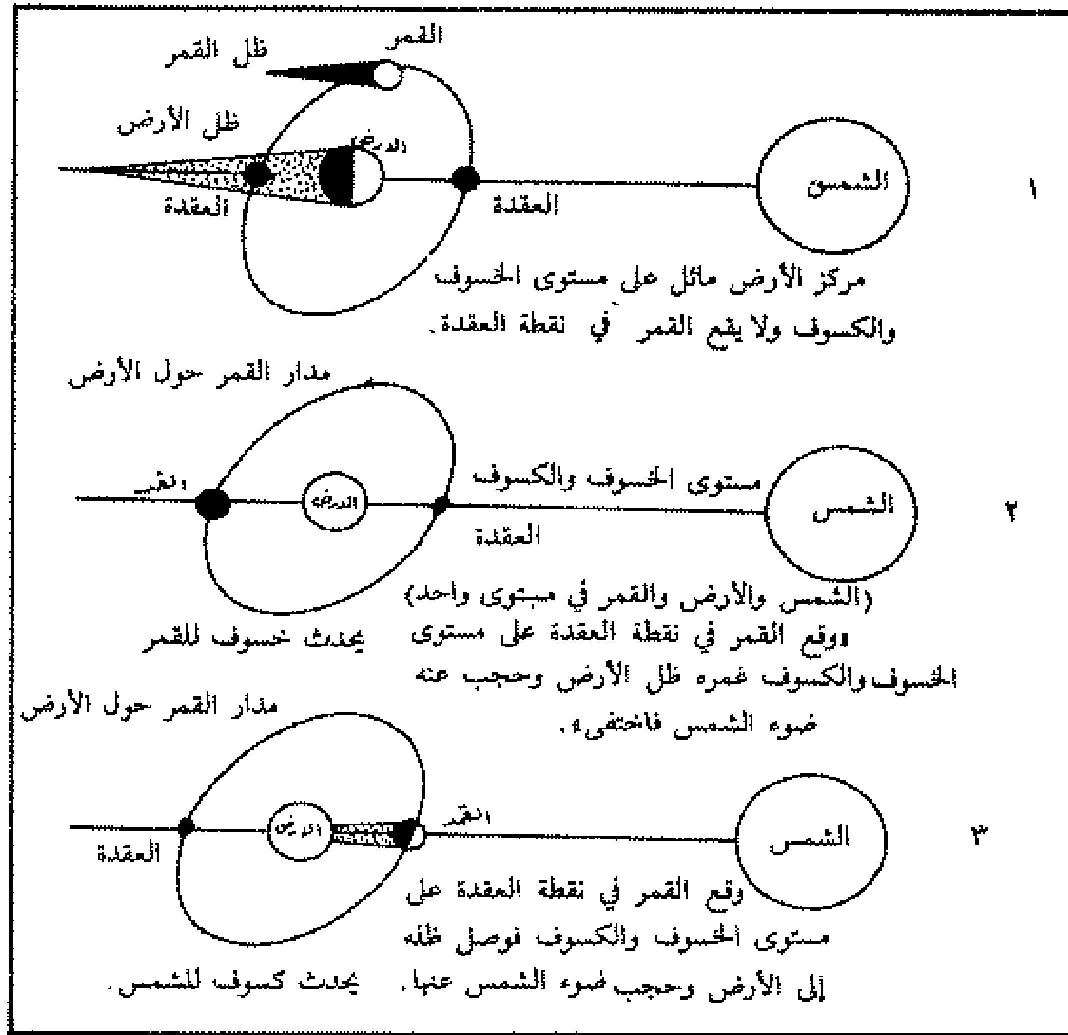


الشكل رقم (٥٠)

موقع الأرض والقمر، خلال الشهر القمري

ولكن الواقع غير ذلك لأن كسوف الشمس وخسوف القمر لا يحدثان في كل شهر قمري.

فلحدوث ظاهرة الكسوف الشمسي وخسوف القمر لا بد من توافر شرط أساسي هو وقوع مراكز الشمس والأرض والقمر جميعاً على خط واحد على مستوى الخسوف والكسوف. (أنظر الشكل رقم ٥١)، وهذا الشرط في الحقيقة لازم ولكنه غير كاف. أما الشرط الآخر فيحققه القمر.



الشكل رقم (٥١)
ظاهرة الكسوف والخسوف

لما كان القمر يدور في مدار لا يتفق مع مستوى الخسوف والكسوف وإنما يميل عليه بمقدار ٧ درجات، كان معنى ذلك أن ظاهرتي الخسوف والكسوف لا تحدثان إلا إذا وقع القمر في إحدى النقطتين اللتين يلتقي عندهما مستوى الخسوف والكسوف بمدار القمر حول الأرض وتعرفان بالعقدتين. وفي هذه الحالة فقط تحدث ظاهرة الخسوف.. أو ظاهرة الكسوف.

والكسوف قد يكون جزئياً وقد يكون حلقياً أو تاماً. كذلك فقد يكون الخسوف جزئياً وتاماً. (أنظر الشكل رقم ٥٢).

□ المد والجزر:

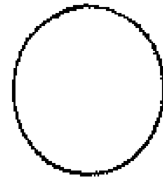
نقصد بالمد ارتفاع المياه في البحار والمحيطات عن مستواها العادي، أما الجزر فنقصد بها هبوط تلك المياه عن مستواها العادي. والمد والجزر ظاهرتان تتعاقبان إحداهما بعد الأخرى. ويرجع السبب في تعاقب هذا الارتفاع والهبوط في مستوى مياه البحار والمحيطات إلى فعل جاذبية القمر للأرض بنسبة أكبر ولفعل جاذبية الشمس لها بنسبة أقل.. وفيما يلي أثر جاذبية القمر على الأرض.

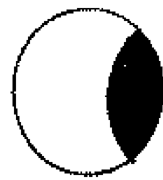
١ ـ تنجذب المياه عند النقطة (أ) نحو القمر الذي يواجهها أكثر مما تنجذب كتلة الأرض، فينجم عن ذلك أن المياه تتجمع عندها ويرتفع مستواها وبذا يكون مد.

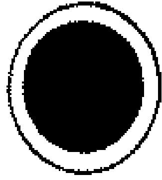
٢ ـ وعند النقطة (ب) المقابلة في الجانب الآخر من الكرة الأرضية تنجذب الأرض نحو القمر أكثر مما تنجذب المياه فينجم عن ذلك أن الماء يتجمع عندها ويعلو مستواها ويكون مد آخر.

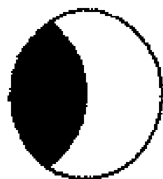
٣ ـ وجذب القمر للأرض عند النقطتين (أ، ب) يؤدي إلى انسياب المياه

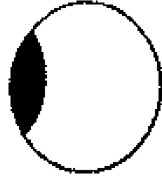
كسوف الشمس





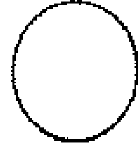


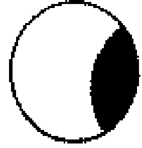


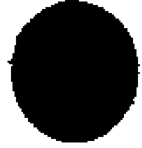


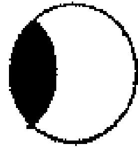
الشمس كما تبدو لسكان الأرض

خسوف القمر





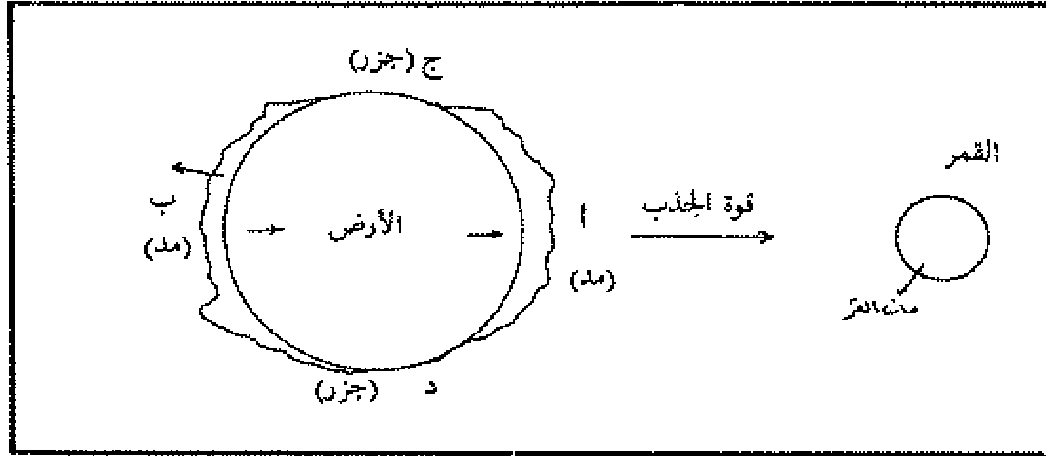




القمر كما يبدو لسكان الأرض

الشكل رقم (٥٢)
درجات الكسوف والخسوف

نحوهما من الجانبين الاخريين عند (ج ، د)، وبذلك يهبط مستوى الماء هناك ويتكون عندهما جزر. (أنظر الشكل رقم ٥٣).



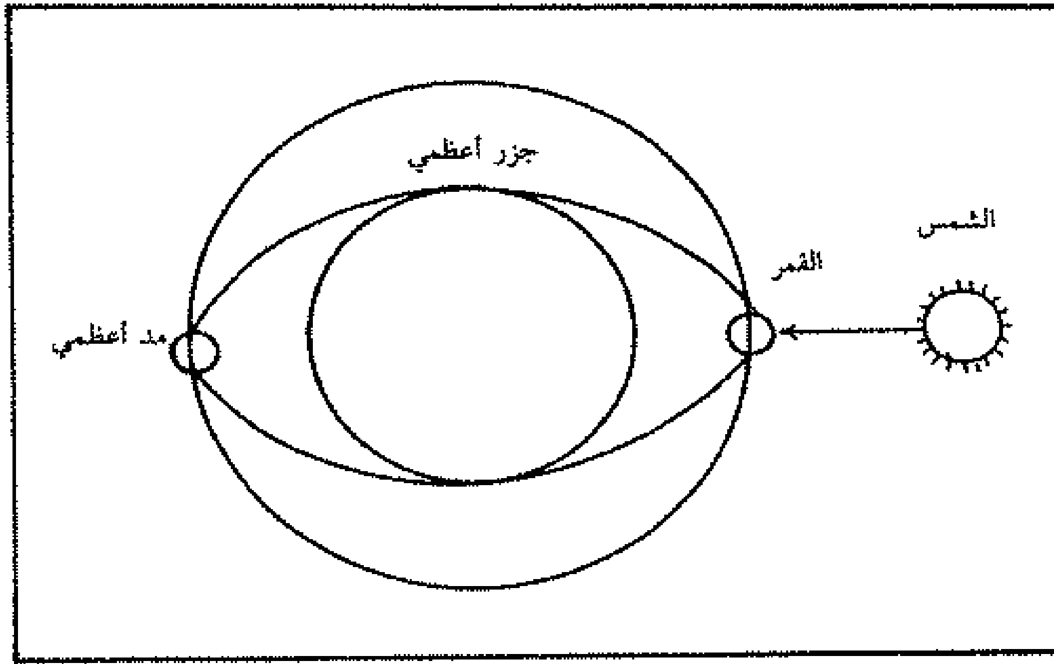
الشكل رقم (٥٣)
المد والجزر

معنى هذا أنه بسبب جذب القمر للأرض يحدث مدان، واحد في جانب الكرة المواجه للقمر والثاني في الجانب المعاكس. كما يحدث جزران في جانبي الأرض اللذين يتعامدان على الجانبين السابقين. وبدوران الأرض حول نفسها، أمام القمر يتعرض لجذب القمر الجانبان اللذان حدث عندهما جزر من قبل، فيحدث عندهما مد. أما الجانبان اللذان كان عندهما مد فيحدث عندهما جزر، ثم يتوالى تعاقب المد والجزر مع دوران الأرض.. ومعنى هذا أنه كلما أتمت الكرة الأرضية دورة كاملة في مدة ٢٤ ساعة يحدث في المكان الواحد مدان وجزران..

ودوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق أمام القمر يجعل خطوط الطول تقع واحداً بعد الأخر في مواجهة القمر، أو بمعنى آخر في منطقتي المد والجزر. وبذلك تنتقل موجة المد والجزر تدريجياً في مياه البحار والمحيطات في اتجاه مضاد لحركة الكرة الأرضية حول نفسها (أي من الشرق إلى الغرب).

والجدير بالملاحظة أنه في أول الشهر القمري ووسطه تكون الشمس والأرض والقمر على استقامة واحدة، وعندئذٍ يتعاون جذب القمر والشمس على الأرض وبذلك تصل موجة المد إلى أعلى مستوى لها وموجة الجزر إلى أدنى هبوط لها. (أنظر الشكل رقم ٥٤).

أما في نهاية الأسبوع الأول من الشهر القمري ونهاية الأسبوع الثالث منه، أي عندما يكون القمر في التربيع، تكون مواقع الشمس والأرض والقمر على

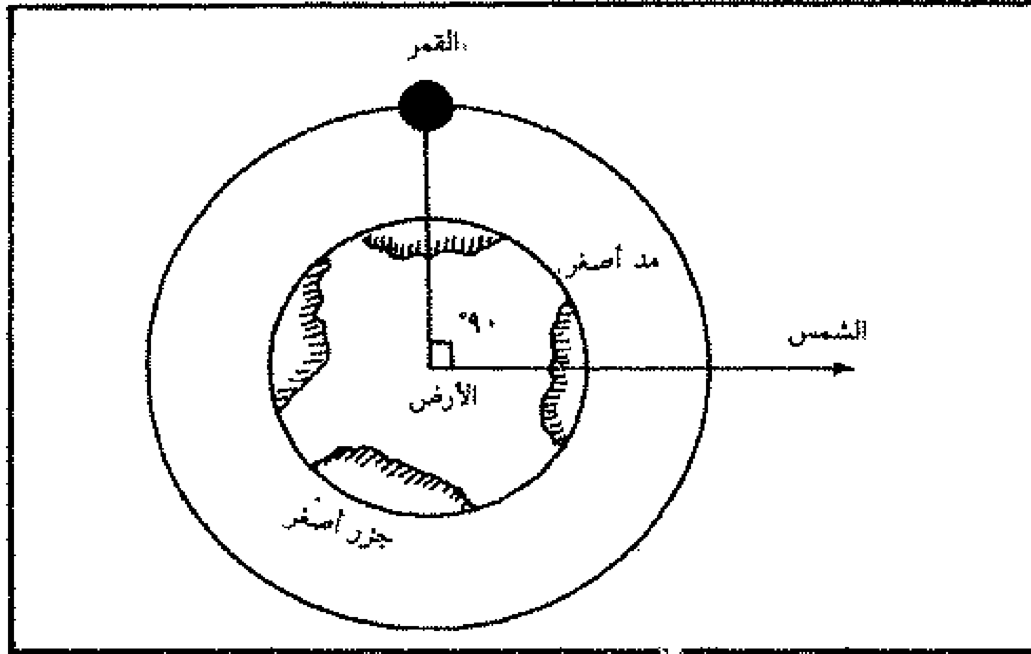


الشكل رقم (٥٤)
المد الأعلى

شكل زاوية قائمة، وعندئذٍ تتعارض قوتا جذب القمر والشمس للأرض. وبذلك لا تعلو موجة المد علواً كبيراً ولا تهبط موجة الجزر هبوطاً كبيراً.

وبذا يقل الفرق بين موجتي المد والجزر إلى أدنى حد له. (أنظر الشكل رقم ٥٥).

وللمد والجزر أهمية كبرى في حياة الإنسان على وجه الأرض فموجة المد تساعد السفن على دخول الموانىء البحرية بسهولة، كما أن موجة الجزر تساعد عمليات الصيد على شواطىء البحار. وكذلك تنظيف مصبات الأنهار وحتى في توليد الكهرباء.



الشكل رقم (٥٥)
المد الأدنى والجزر الأدنى

الباب الرابع

النجوم والمجموعات النجمية

الفصل الأول: معلومات عامة عن النجوم.

١ ـ الفرق بين الكواكب والنجوم.
٢ ـ أقدار النجوم وألوانها وأطيافها.
٣ ـ أنواع النجوم وحركتها.

الفصل الثاني: خصائص النجوم.

١ ـ البعد والتألق.
٢ ـ حرارة النجوم ـ أحجامها ـ تركيبها ـ وكتلها.

الفصل الثالث: المجموعات النجمية الكبرى.

١ ـ التغير اليومي لمواقع النجوم.
٢ ـ التغير الفصلي لمواقع النجوم.
٣ ـ المجموعات النجمية الكبرى في نصف الكرة الشمالي.
٤ ـ الساعة النجمية.

الفصل الأول

• معلومات عامة عن النجوم

١ ــ الفرق بين الكواكب والنجوم:

الكواكب أجسام باردة ومعتمة تدور حول الشمس ونقول باردة لأنها ليست متقدة ذاتياً وإنما تلتمع بسبب انعكاس أشعة الشمس عليها.

أما النجوم، فأجسام ملتهبة مشتعلة شأنها في ذلك شأن الشمس وبعبارة أدق فإنها غازات ملتهبة يصدر الضوء منها فيصل إلينا فنراها لامعة في أثناء ليل الأرض المظلم.

٢ ــ أقدار النجوم وألوانها وأطيافها:

□ أقدارها:

تتفاوت درجة تألق النجوم في السماء بالنسبة للناظر إليها من الأرض ولكن اللمعان الظاهري لا يعبر عن الحرارة الفعلية للنجم وذلك لأن عامل البعد يلعب دوراً هاماً في الموضوع.

فالنجوم القريبة منا ربما تبدو أكثر لمعاناً من غيرها رغم صغرها بسبب قربها النسبي، بينما يبهت أو يخفت لمعان نجوم كبيرة جداً بسبب عظم المسافة بيننا وبينها. وتعرف درجة تألق النجوم أو لمعانها باسم «أقدار النجوم». وقد اصطلح العلماء على تقسيم النجوم إلى (٢٣) قدراً. ونحن لا نستطيع أن نرى

بالعين المجردة إلا النجوم التي تقع بين القدر الأول والقدر السادس فقط، أما الباقي فلا يرى إلا بالتلسكوب.

وتعين أقدار النجوم وفقاً لتألقها حيث يقل لمعان القدر الثاني من النجوم مرتين ونصف عن لمعان نجوم القدر الأول كما يقل لمعان نجوم القدر الثالث بمقدار مرتين ونصف عن لمعان القدر الثاني، وهكذا.

قدر النجوم:	أول	ثاني	ثالث	رابع	خامس	سادس	سابع
نسبة التألق:	١٠٠	٣٩,٨٠	١٥,٨٥	٦,٣١	٢,٥١	١,٠٠	—

وبمعنى آخر، أنه كلما قل القدر زاد التألق أو اللمعان، بينما ينعكس الأمر كلما صعدنا في سلم الترتيب.

ومن الجدير بالذكر أن نجوم القدر (٠) صفر أشد لمعاناً من نجوم القدر الأول كما أن الشمس تعد من القدر السالب (- ٢٦,٧). ولذلك فهي أكثر التماعاً من غيرها من النجوم ذات القدر الموجب.

وتعد الشعرى اليمانية (أ) من ألمع نجوم السماء وهي من القدر السالب - ١,٥، أما القمر تابع الأرض فيعد من القدر السالب - ١٢,٦. (أنظر الجدول والملحق).

هذا، وقد حدد العلماء قدراً مطلقاً للنجوم التي تبعد عنّا بمقدار (٣٢,٦) سنة ضوئية.

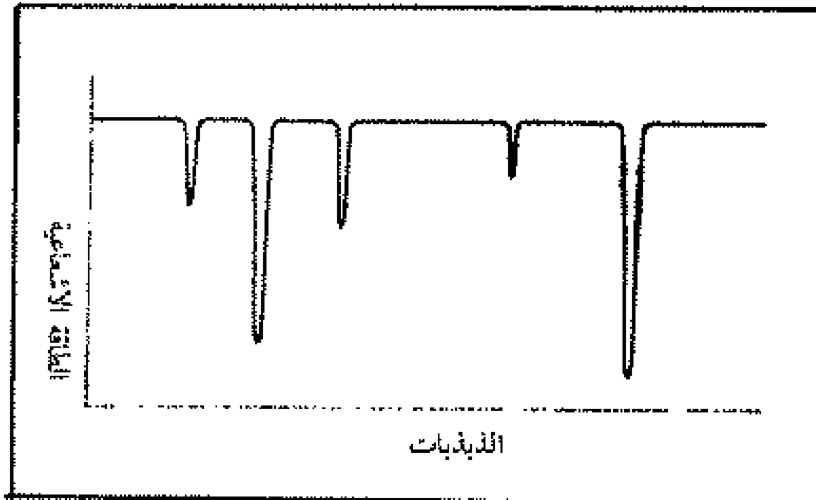
☐ ألوان النجوم:

تظهر النجوم بألوان مختلفة منها الأبيض والأصفر والأحمر والأزرق. وسبب اختلاف اللون هو اختلاف درجات الحرارة، ولذلك استدل من اللون على درجة حرارة سطح النجم وعلى عمره التقريبي. وأقل هذه النجوم حرارة هي النجوم ذات اللون الأحمر. ثم تليها النجوم ذات اللون الأصفر ثم الأبيض فالأزرق.

□ أطياف النجوم:

عرف العلماء منذ أمد طويل، أن ضوء الشمس يتحلل إلى ألوان تسمى ألوان الطيف. ولكن هذه الألوان تتخللها خطوط سوداء دقيقة لم يعرها أحد أهمية في بادىء الأمر. حتى أتى العالم الألماني (فرنهوفر) ولاحظ تغير أماكن هذه الخطوط الرفيعة، عند تغير مصدر الضوء، وكذلك تغير وضوحها عندما تتغير درجة حرارة المصدر.

فالضوء الصادر من غاز الأوكسجين المشتعل مثلاً، له طيف تتخلله خطوط سوداء تتوزع على ألوان الطيف ولا تغير مواضعها إلا بتغير درجة الحرارة، أما إذا ازدادت درجة الحرارة فلا تتغير مواضعها. بينما الضوء الصادر من غاز الهيدروجين له نفس الخواص من حيث زيادة شدتها كلما زادت درجة الحرارة ومن حيث ثبوت موضعها مهما تغيرت درجة الحرارة وبالمثل بالنسبة لكل مصادر الضوء كالمعادن المتقدة والغازات المشتعلة. (أنظر الشكل رقم ٥٦).



الشكل رقم (٥٦)
صورة فوتوغرافية سلبية لطيف نجمي

لاحظ
خطوط الامتصاص في الرسم البياني

ولذلك، تحايل العلماء على قياس حرارة كثير من المواد المشتعلة، بالاستدلال عليها من خلال توزع خطوطها السوداء في المطياف بدلاً من استعمال الترمومتر وخاصة لقياس درجات الحرارة العالية. وبناء على درجات

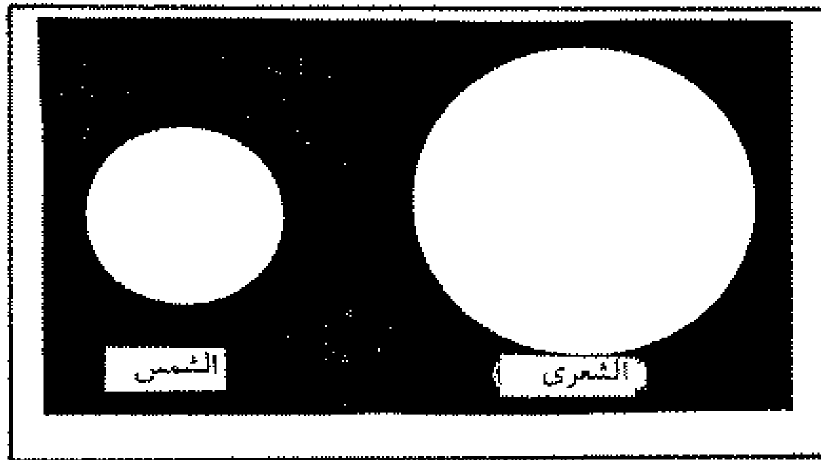
الحرارة المقاسة هذه، قسم العلماء النجوم إلى أقسام مختلفة. مرتبطة ليس فقط بدرجة حرارتها بل أيضاً بلونها ما دام اللون أحد دلائل درجة الحرارة.

٣ ـ أنواع النجوم وحركتها:

□ أنواعها:

إن تحديد خصائص عدد كبير من النجوم يمكن من التمييز بين العديد منها، فمنها الكبير ومنها الصغير، منها المتوقد ومنها البارد، منها الثقيل ومنها الخفيف، منها الكثيف ومنها المتخلخل (Tenuous)، ومنها المتألق ومنها الخافت الباهت اللون.

والنجوم الكبيرة تكبر الشمس بمئات المرات على الأقل، أما الصغيرة فلا تتجاوز أقطارها عدة كيلومترات. (أنظر الشكل رقم ٥٧). وقد تمت معرفة



الشكل رقم (٥٧)
الشمس
والشعرى الشامية

عدد من النجوم تتميز بدرجات حرارة مرتفعة تزيد على عدة مئات الألوف، في حين أنه توجد نجوم كثيرة باردة تحت حمراء تقل حرارتها عن (٥٠٠) درجة مئوية.

وأكثر النجوم تألقاً في السماء هي النجوم العظمى التي تبسث طاقة تزيد نسبتها على مليون مرة الطاقة التي تنطلق من الشمس.

وليس هناك ــ كما يعتقد ــ من حد لخفوت النجوم، ولكن علماء الفلك استطاعوا قياس البعض منها، والتي يقل لمعانها أكثر من مليون مرة عن لمعان الشمس.

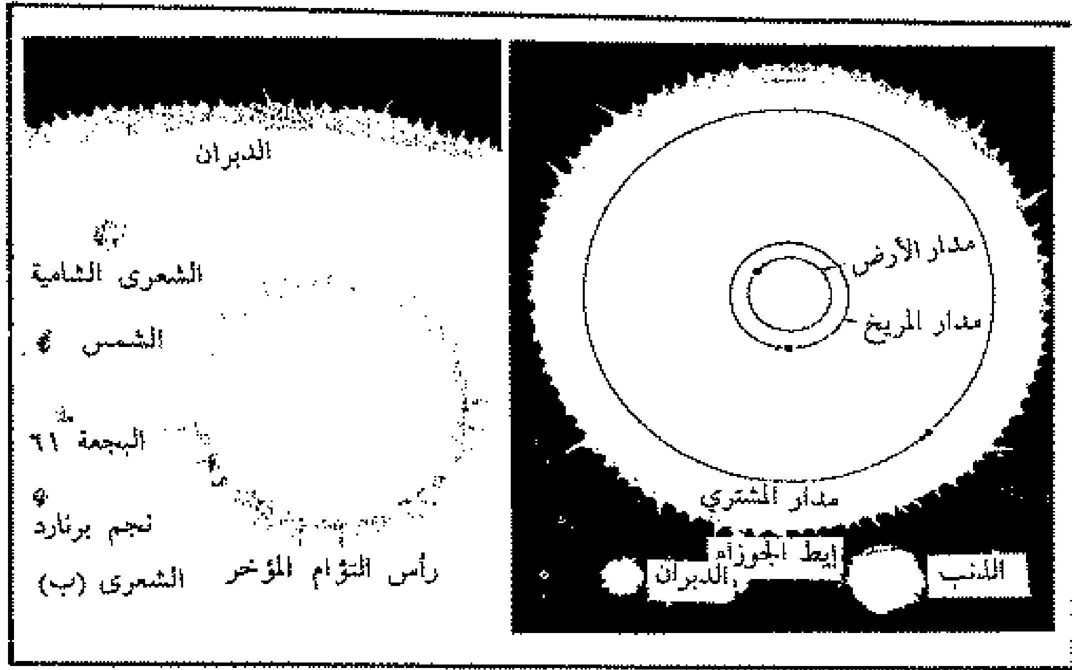
أما أكثر النجوم تكتلاً (Massive) فلعل وزنها يتجاوز ٦٠ أو ٧٠ مرة وزن المادة التي تتشكل منها الشمس، في حين نجد أن أخفها وزناً لا تتجاوز كتلته $\frac{١}{١٢}$ كتلة الشمس ذاتها. فابط الجوزاء مثلاً (Beetlejooz) نجم أحمر ملتمع في مجموعة الجبار (أوريون) أمـا قلب العقرب (Antares) فاسم لنجم آخر في مجموعة برج العقرب[٦١]، وقد استدل العلماء على انخفاض درجة حرارة هذين النجمين من لونها الأحمر، وكلاهما من المتألقات الهائلة الحجم التي تبث كمية كبيرة من الطاقة كل ثانية، على الرغم من انخفاض حرارتيهما، وذلك نظراً لضخامة حجمهما واتساع مساحة سطحيهما.

وهذان النجمان ليسا فقط أكبر حجمًا من الشمس، بل إنهما أكبر بكثير من محيط مدار المشتري حول الشمس، ومن الناحية الفعلية فالنجمان شبه خاويين فهما أقل كثافة بمعدل ١٠٠٠ مرة من الهواء المحيط بنا على مستوى سطح البحر، ولكن المادة التي تشكل مركزيهما لا بد وأن تكون أكثر كثافة من ذلك بكثير. (أنظر الشكل رقم ٥٨، أحجام بعض النجوم).

ولو أخذنا نجم الشعرى كمثال لوجدنا أن الشعرى ليس في الحقيقة نجمًا وحيداً مستقلاً بذاته، بل هو نجم من مجموعة ثنائية، يدور حوله نجم آخر أصغر منه وأقل التماعاً هو نجم الشعرى (ب). وهذا الأخير أقل تألقاً من الشمس بحوالي ٢٠ مرة ولكن أكثر حرارة بكثير منها والسبب الوحيد لضعف تألقه بغير شك، هو الصغر المتناهي لحجمه بالمقارنة مع الشمس، فقطره لا يزيد على ١١,٠٠٠ ألف كم إلا قليلاً، أي أن حجمه يقارب حجم الأرض. وتدعى النجوم الصغيرة الشديدة الحرارة والضئيلة التألق كالشعرى (ب) عادة باسم النجوم التالية (Sequence Stars) ولكن الأمر المثير هو أن للشعرى (ب) كتلة

---

(٦١) أنظر الجدول الملحق وخرائط النجوم في آخر الكتاب.



الشكل رقم (٥٨)
أحجام بعض النجوم
لاحظ صغر حجم الدبران بالنسبة لابط الجوزاء وعظمه بالنسبة لبقية النجوم

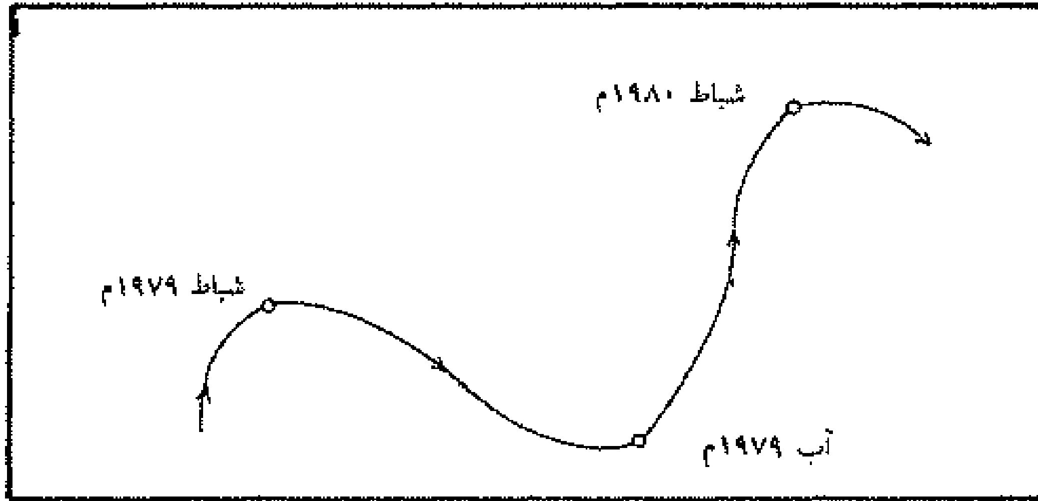
تقارب كتلة الشمس. وبما أن تلك الكتلة محصورة في قطر لا يتجاوز قطر الأرض، لذلك كان لابد للمادة التي تشكلها من أن تكون هائلة الكثافة فزنة ملعقة شاي من المادة التي تشكل الشعرى (ب) تقدر بحوالي ١٠ أطنان تقريباً. ويبدو هذا الرقم معتدلاً بل وعادياً جداً، إذا ما قورن مع النجوم الغريبة التي تم اكتشافها عام ١٩٦٧ م، والتي أطلق عليها إسم نجوم (النيوترون).

فلهـذه النجوم كتلة تقارب كتلة الشمس ذاتها، لكنها ذات أقطار لا تتجاوز بضعة كيلومترات. فملء ملعقة شاي من مادتها قد يزيد وزنه على عشرة بلايين طن.

□ حركة النجوم:

وختاماً، فجميع النجوم تتحرك في مدارات خاصة بها، تماماً كالشمس فهي ليست بحال من الأحوال ثابتة في مكانها في الفضاء كما تبدو لنا، ولكن

مداراتها ليست دائرية الشكل فحسب، وإنما تتخذ حركتها شكل الخط المنحني. (أنظر الشكل رقم ٥٩).



الشكل رقم (٥٩)
حركة أحد النجوم في السماء

وتشير الملاحظات إلى أن معظم النجوم حولنا، أي التي تقع في مجال مجرتنا، بما في ذلك الشمس، تدور تقريباً مع بعضها في مدار دائري واسع حول مركز درب التبان. وهذه الحركة تماثل إلى حد بعيد حركة الأرض حول الشمس، فيما عدا أن نصف قطر مدارها يبلغ حوالي ٣٠ مليون سنة ضوئية، بدلاً من أن يكون حوالي ١٤٨ مليون كيلومتر.

وبينما تحتاج الأرض إلى سنة زمنية واحدة للدوران حول الشمس، فإن الشمس تحتاج إلى ٢٠٠ مليون سنة لتتم دورة واحدة حول مركز التبان. وهي تنتقل على هذا المدار بسرعة تزيد على ٢٥٠ كم في الثانية الواحدة.

وبما أن معظم النجوم تتجمع في حجم صغير من الفضاء، لذا تميل إلى التحرك معاً في مداراتها، ولهذا أطلق علماء الفلك على هذه الحركة اسم حركة درب التبان الدورانية. وكما تدور الكواكب الداخلة بسرعة أكبر من الكواكب

الخارجة حول الشمس، كذلك تقوم النجوم القريبة من مركز درب التبان بالدوران بسرعة أكبر حول هذا المركز من النجوم الأكثر بعداً عنه، وهكذا فإن المناطق الداخلية من المجرة تميل إلى الدوران بصورة أسرع من المناطق الخارجية.

كذلك تدور المجرات الصغرى أيضاً حول المجرات الأكبر منها. فعلى بعد نحو ١٥٠ مليون سنة ضوئية منا، توجد مجرتان غير منتظمتي الشكل تدعيان بسحب مجلان الكبرى وسحب مجلان الصغرى (Magellanic clouds) وهما أقرب مجرات الكون إلينا، لذلك يمكن رؤيتهما بالعين المجردة عادة في سماء نصف الكرة الجنوبي، في حين يصعب ذلك في معظم عروض نصف الكرة الشمالي.

وتعد هاتان المجرتان من أصغر المجرات المعروفة في الكون، وهما في الحقيقة ليستا سوى توابع لدرب التبان، أي لمجرتنا التي نعيش فيها، وهما في هذا تشبهان القمر تابع الأرض. ولكن بينما يحتاج القمر إلى ٢٧ ⅓ يوم للدوران حول الأرض، تحتاج سحب مجلان هذه إلى حوالي بليون سنة زمنية لتتم دورتها حول مجرتنا.

وقد أوضح العالم (أي. ب. هوبل Hoble) عام ١٩٣٠ بأن المسافة الفاصلة بين مجرة وأخرى تتصل اتصالاً وثيقاً بسرعات هذه المجرات، أي السرعة التي يبدو أن هذه المجرات تتحرك بها. ولكن نظراً لبعد المجرات عن بعضها البعض، كانت معرفة السرعة التي تتحرك بها أمراً من الصعوبة بمكان.

ومع ذلك فقد أكد علماء الفلك، أن جميع النجوم التي تضمها المجرات تسير بسرعات متفاوتة، واستنتجوا ذلك من تغير مواقع هذه النجوم، واقتراب بعضها منا وابتعاد بعضها الآخر عنا.

هذا، وقد جاء العالم (دوبلر Doppler) بنظرية توضح اتجاه حركة النجوم. فقد لاحظ المذكور، أن موجات الصوت تزداد حدتها إذا كانت صادرة عن متحرك يتجه نحو الإنسان، بينما تخفت هذه الموجات وتقل ذبذباتها إذا كانت صادرة عن جسم يتحرك مبتعداً عنا، بمعنى أن الموجات الصوتية تقصر

وتزداد ذبذبتها إذا كان الجسم يقترب منا، بينما يحصل العكس إذا كـان الجسم يبتعد عنا.

ونتيجة لتطبيق نظرية (دوبلر) هذه، تبين أن النجوم القريبة منا تتحرك بسرعات تتراوح بين ١٦ ــ ٥٦ كم في الثانية. وهي بالطبع سرعات بسيطة إذا قارناها بسرعة حركة الأرض الانتقالية حول الشمس والتي تصل إلى ٢٩ كم/ثا. ولكن سرعة بعض المجرات تصل إلى أرقام خيالية، أي إلى آلاف الكيلومترات في الثانية أو أكثر.

ويبدو أن معظم المجرات تبتعد عنا، وأن أبعدها مسافة أسرعها، ويظهر هذا بوضوح من أطيافها التي تميل إلى الانتقال باتجاه اللون الأحمر في خطوط الطيف. ومن المعروف أن هذا اللون من الضوء ذو ذبذبات أصغر من ذبذبات الوان الطيف الأخرى.

أما المجرات المقتربة فتميل الأطياف الصادرة عنها إلى التحول باتجاه اللون الأزرق.

وأخيراً، لم يتوصل علماء الفلك إلى مثل هذه الأرقام والمعلومات المذهلة حقاً عن طريق الأحلام، وإنما عن طريق تطبيق نفس أسس الملاحظة والتجربة والتفكير المنطقي التي كان لها الفضل الأكبر في اتساع حقل العلوم على سطح الأرض، ومع ذلك يظل الكثير منها قابل لكثير من الجدل والشك.



الفصل الثاني

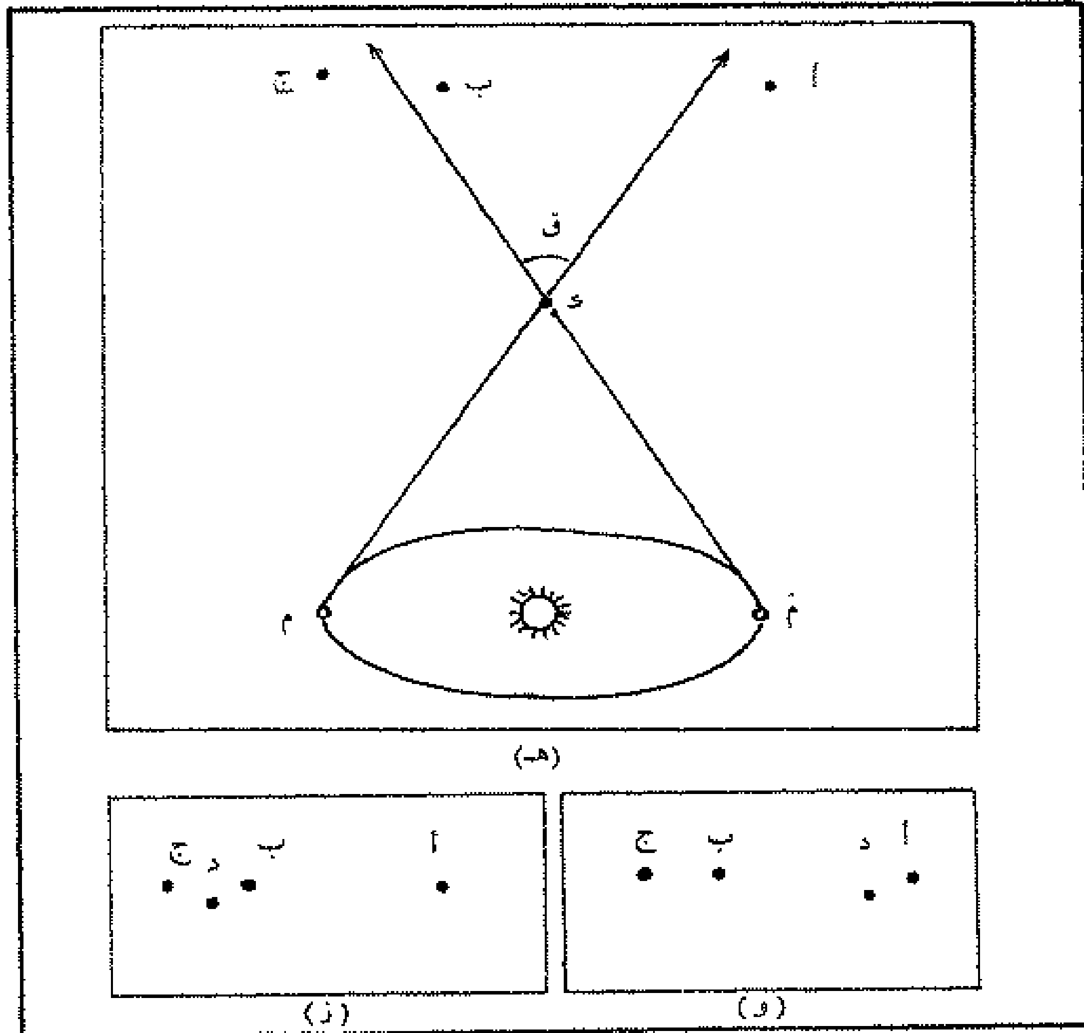
خصائص النجوم

١ ـ البعد والتألق:

يحصل علماء الفلك على كثير من معلوماتهم عن النجوم، عن طريق التحليل الطيفي. ويتم ذلك بمعرفة كم من الطاقة نتلقى من مختلف النجوم خلال فترات مختلفة من الإشعاع. كذلك قد نستغرب إذا علمنا أنهم حصلوا على معلومات هامة أيضاً بطريقة بسيطة ألا وهي قياس الاتجاهات المؤدية للنجوم.

وتقاس مثل هذه الاتجاهات الدقيقة أكثر ما تقاس بأخذ صور للنجم عن طريق التلسكوب ــ المناظير المكبرة ــ وتركز التلسكوبات عادة على الأرض، واثناء دوران الأرض تدور التلسكوبات المحمولة على السطح معها. ولكن عندما نرقب جسماً ما من نقاط مختلفة، فإننا نراه في جهات مختلفة، وهذا التغير في الجهة يطلق عليه اسم «التغير الظاهري لمواقع الأجرام السماوية» (Parallax). وبما أن للأرض حركات عدة، كان لا بد لموقع نجم من النجوم من أن يتغير مع الزمن بطريقة معقدة إلى حد بعيد. فدوران الأرض حول محورها يسبب ظهور النجوم وكأنها تتحرك عبر صفحة السماء كل يوم، ولكن هذا لا يغير الموقع النسبي للنجوم، فالأشكال أو المجموعات النجمية التي تحددها النجوم تبقى هي نفسها يوماً بعد آخر، لذا فإن حركة النجوم اليومية لا تعطينا معلومات كثيرة عن النجوم نفسها.

وتدور الأرض حول الشمس كما تعلم في فلك شبه دائري، يبلغ طوله حوالي **٢٩٦** مليون كم. وخلال السنة تكون الأرض في مكانَ ما على هذا المسار أو الفلك، وبالتالي فإن اختلاف موقع نقطة النظر على مدار الأرض لا بد وأن تسبب تغيراً ظاهرياً سنوياً (Shift) في موقع كل النجوم. (أنظر شكل رقم ٦٠).



الشكل رقم (٦٠)
الاختلاف الظاهري لموقع النجوم
(هـ) مدار الأرض حول الشمس
(و) النجوم كما تبدو من م
(ز) النجوم كما تبدو من مَ

ففي القسم (هـ) من الشكل، نرى مسار الأرض حول الشمس. وتمثل النقطتان م مَ موقعان للأرض على المحور، يفصل بينهما فاصل زمني مقداره ستة أشهر. وتمثل (د) رمزاً لنجم قريب منا، في حين أن أ وب وج تمثل رموزاً لنجوم أكثر بعداً عنا. لاحظ كيف أن جهة النظر إلى (ج) تختلف عبر الزاوية (ق) أثناء دوران الأرض حول الشمس.

أما القسم الثاني من الشكل والمرموز له (ز)، فيرينا كيف يمكن أن تبدو نفس النجوم من الأرض إذا ما صورناها من النقطة (مَ). بينما يمثل القسم الثالث (و) من الشكل صورة لنفس النجوم، ولكن مأخوذة من النقطة (م) على مدار الأرض. وبمقارنة بسيطة بين القسم (ز) و(و) من الشكل نلاحظ مباشرة أن مكان النجم (د) قد تبدل. بينما نجد أن النجوم (أ ــ ب ــ ج) قد تغير اتجاهها، ولكن نسبة التغير تبدو صغيرة جداً وذلك لبعد هذه النجوم عنا.

وبمقارنة مواقع النجم (د) من صور عدة التقطت له خلال فاصل زمني قدره ستة أشهر، أمكن لعلماء الفلك إيجاد حجم الزاوية (ق) التي تمثل التغير في اتجاه النجم، ومن المعروف أن المسافة الفاصلة بين الموقعين (م ومَ) أي بين النقطتين هي حوالي ٢٩٦ مليون كيلومتر، لذلك كان من السهل معرفة بعد ذلك النجم باستخدام صيغة بسيطة من صيغ حساب المثلثات، إلا أن تطبيق هذه الطريقة أمر شديد الصعوبة، وذلك بسبب بعد النجوم بعداً كبيراً عنا، بشكل يجعل الزاوية (ق) دوماً صغيرة جداً.

إن قياس تغير اتجاه نجم من النجوم حتى ولو كان من أقربها إلينا أمر بالغ الصعوبة، يشبه محاولتنا قياس عرض قطعة من النقود الصغيرة من مسافة حوالي ٣كم، وهذا أمر ممكن ولكنه ليس بالأمر السهل. فمعظم النجوم شديدة البعد عنا، لدرجة يصبح اختلاف نقطة النظر اليها صغيراً جداً يصعب بل لا يمكن قياسه. ولقياس أمثل هذه النجوم البعيدة لا بد من استعمال طرق دقيقة أخرى.

□ النجوم القريبة:

يقع أقرب النجوم إلينا وهو النجم المدعو قنطورس (أ) (Alfa Centuari) على بعد ٤٠ تريليون كم. وهذا البعد هو نموذج للمسافات التي تفصل بين النجوم في الفضاء حولنا. (أنظر الجدول رقم ٣، آخر الكتاب).

والحقيقة، أن النجوم تتباعد إلى حد كبير لدرجة يصعب معها تحديد مسافاتها الحقيقية. ولتحديد المسافات التي تفصلنا عن النجوم، يلجأ العلماء إلى الاستفادة من سرعة انتقال الضوء المعروفة والتي تقدر بحوالي ٣١١ ألف كم/ثا. وهي ولا شك سرعة هائلة. ولو أردنا تقريب الأمر إلى الأذهان لقلنا إن الضوء يحتاج للانتقال حول محيط الأرض والذي يبلغ حوالي(٤٠)ألف كيلومتر إلى ما لا يزيد على سبع الثانية ⅐ ويقطع الضوء المسافة بين القمر والأرض بأكثر قليلاً من الثانية، بينما يستغرق انتقال الضوء من الشمس إلى الأرض ــ بسبب بعدها عنا ــ حوالي ٨ دقائق. أما الكوكب (بلوتو) فلا بد له من الانتظار خمس ساعات ونصف على الأقل لتصل إليه أشعة الشمس.

وعندما ننظر إلى نجم قنطورس (أ) فإننا نرى الضوء الذي كان هذا النجم قد بثه في الفضاء قبل فترة زمنية قدرها أربع سنوات وثلث، وهذا النجم ليس إلا أقرب النجوم إلينا.

ويقطع الضوء مسافة تقدر بحوالي (٩,٦) تريليون كيلومتر في العام الواحد، وتدعى هذه المسافة باسم «السنة الضوئية». ومن الجدير بالذكر أن التعبير يدل على المسافة وليس على الزمن. ولهذا يمكن لنا أن نقول إن نجم قنطورس (أ) يبعد عنا مسافة أربع سنوات ضوئية وثلث.

وفي الامسيات التي يمحق فيها القمر، تبدو السماء مليئة بحشد هائل من النجوم لدرجة يبدو بعضها وكأنه ملتصق بالآخر، أو كأن الواحد منها يصدم الآخر بصورة مستمرة ولكن هذا ليس إلا مظهراً ظاهرياً بل وخاطئاً.

ولفهم اعداد النجوم وبعدها عنا، يكفي أن نتصور أننا استطعنا تجويف الكرة الأرضية ثم ملأناها بكرات تماثل كرة المضرب، فكم من ملايين ملايين الكرات ستتسع. إن هذا المثل ليعطينا فكرة مبسطة عما يدعى باسم الفضاء وبالطبع فالفضاء بهذا المعنى لا يعني أبداً الفراغ.

ومن أخطاء النظر أن نجم الشعرى (أ) (Sirius Alfa) الذي هو نظير الشمس، ظُن أول الأمر بأنه يبعد عنها حوالي (١٠٠) ألف مرة بعدنا عن

الشمس، أي حوالي (١,٦) سنة ضوئية، ولكن القياس الذي جرى للتغيير الظاهري لموقع هذا النجم مؤخراً بوسائل علمية متقدمة؛ قد بين أن هذه المسافة تصل إلى(٨,٦) سنة ضوئية، أي أن هذا النجم يقع على بعد من الشمس يزيد على خمس مرات من تقديرنا الأول. وعلى الرغم من ذلك، فلا توجد إلا سبعة من النجوم بما فيها الشمس أقرب إلينا من نجم الشعرى نفسه.

□ التألق: (Luminosity)

يمكن لنا استعمال المعلومات التي توصل إليها العلماء عن نجم الشعرى في معرفة كمية الطاقة التي ينفثها هذا النجم في الفضاء.

وتألق أي نجم من النجوم يعتمد على أمرين اثنين، الأول كمية الإشعاع التي يبثها في كل ثانية، والثاني مقدار بعد النجم عنا.

وتعرف كمية الطاقة التي ينفثها أي نجم في الثانية الواحدة باسم التألق.

والتألق هو خاصية هامة من خصائص النجوم، ولا تعتمد أبداً على مقدار بعد النجم عنا. فقد يظهر لنا نجمًا ما باهت اللون (Faint) لا ألق له، رغم قربه النسبي منّا وذلك بسبب انخفاض تألقه كما يبدو آخر شديد التألق رغم بعده العظيم عنا. ومن المعروف أن نجم الشعرى (أ) أقل تألقاً من الشمس بعشرة بلايين مرة، وهذا يعني أننا نتلقى منه طاقة تقل عشرة بلايين مرة عن الطاقة التي نتلقاها من الشمس في الثانية الواحدة. فما هو أثر البعد على خفوت مظهره هذا، وما هو أثر ضعف تألقه هو ذاته على مظهره الخافت؟ يبعد نجم الشعرى (أ) بمقدار (٥٥٠,٠٠٠) مرة بعد الشمس عنا، فإذا كان له نفس تألق الشمس، تكون النتيجة أن يظهر بمظهر خافت يصل إلى حوالي (٣٠٠) بليون مرة أقل من الشمس أي ٥٥٠,٠٠٠×٥٥٠,٠٠٠. (لاحظ أن علينا أن نضرب المسافة الفاصلة بنفسها لكي نحصل على أثر بعد النجم على لمعانه الظاهري). إلا أن نجم الشعرى لا يظهر خافتاً بهذا المقدار، بل يبدو أنه أخفت من الشمس بمقدار ١٠ بلايين مرة فقط. ومن هذا نستطيع أن نستنتج بأن هذا النجم أشد تألقاً من الشمس بثلاثين مرة، وذلك بقسمة جداء بعد النجم أي ٣٠٠ بليون مرة على مقدار تألقه الذي يصل إلينا أي ١٠ بلايين.

وبهذه الطريقة نكون قد حسبنا الطاقة الناجمة عن نجم الشعرى.

ويمكن لنا الحصول على مقدار تألق نجم من النجوم بنفس الطريقة إذا عرفنا بعده عنا، وإذا تمكنا من قياس شدة إضاءته أو لمعانه في السماء.

ولكن قياس اللمعان الظاهري لنجم ما ليس دوماً بالأمر السهل، لأن أي قياس لا بد من أن يتضمن قياس الإشعاع بجميع ذبذباته (Frequencies) وليس النور الظاهر لنا فحسب.

هذا، وقد مكّنت الوسائل والتجهيزات الحديثة من قياس إشعاع معظم النجوم قياساً دقيقاً.

٢ ـ حرارة النجوم، أحجامها، تركيبها وكتلها:

يظهر التحليل الطيفي لمعظم النجوم وجود خطوط امتصاص (Absorption) وغالباً خطوط انتشار متراكبة (Superposed) في الأطياف المنبعثة عنها. ويصل عدد خطوط الامتصاص هذه في أكثر الأحيان إلى المئات بل إلى الألوف. ولسنا هنا بصدد دراسة التحليل الطيفي، فهذا من اهتمام واختصاص علم الفلك البحت وعلم الفيزياء والضوء.

ولكن لا بد لنا من الاعتماد على نتائج مثل هذا التحليل لمعرفة خصائص النجوم.

□ حرارة النجوم:

تشع النجوم عادة بسبب حرارتها، وأن الجزء المستمر من الأطياف الصادرة عن النجم لا تنشأ من مادة صلبة أو سائلة، ولكن من غاز ذي سمك كبير. أما الذبذبة (Frequencies) التي تنتشر بها الطاقة بعيداً عن النجم فتعتمد على مقدار حرارة النجم ذاته. فذرات نجم شديد الحرارة تدور عادة بسرعة هائلة ضمن مجال ذلك النجم، ويصدم الواحد منها الآخر بطاقة حركية كبيرة ينتج عنها الكثير من الفوتونات (Photons) المرتفعة الطاقة.

أما النجم الأكثر برودة، فتدور الذرات حوله ببطء كبير، لذلك كانت التصادمات الذرية عليه أقل عنفاً، وكانت الفوتونات أقل انتشاراً وتتميز بمعدل

طاقة أقل عموماً. وإذا تمكن عالم من علماء الفلك من قياس الترددات (ذبذبات) التي تضمها معظم الفوتونات، فإنه يصل حتماً إلى تقدير حقيقي للنجم المدروس. ولكن هذه الطريقة تدل فقط على مقدار حرارة الطبقات الخارجية للنجم، أما القسم الداخلي منه فيكون أشد حرارة بالطبع. إن أي جسم يسخن إلى درجة حرارة تصل إلى أكثر من عشرة آلاف درجة سنتغراد يبث أو ينشر (Emits) عادة أطيافاً مستمرة، يبدو لأعيننا أبيض اللون. ولا توجد أي أهمية لمكونات الجسم، لأن الجسم في جميع الأحوال سيبدو لنا بلون أبيض، ومثل هذا الجسم لا بد وأن يبث أو ينشر إشعاعاً على كل الترددات (ذبذبات). ولكن مزيج الألوان: الأحمر ـ الأزرق ـ الأخضر وغيرها من ألوان الضوء تبدو لأعيننا بيضاء تماماً. ويبث الجسم أيضاً إشعاعاً غير مرئي، من مثل الأشعة تحت الحمراء (Infrared) وأشعة اكس الخ. ولكن هذه الأنواع من الأشعة لا تؤثر على اللون الذي نرى به النجم. لنفرض أن نفس الجسم جرى تسخينه إلى حرارة تزيد على خمسة وعشرين ألف درجة مئوية، ففي هذه الحال، تكون الفوتونات المنبعثة عنه، بصورة عامة، أكثر نشاطاً (Energetic)، وأعلى ذبذبة منها في حرارته السابقة. وبما أن الضوء الأزرق يتميز بطاقة أكثر ارتفاعاً وبذبذبة أعلى من الضوء الأحمر، لذا فإن هذا الجسم سيشع القسم الأكبر من الطاقة على شكل ضوء أزرق بينما يقل ما يشعه منها على شكل لون أحمر.

ونتيجة لهذا الأمر، يبدو لنا هذا الجسم مائلاً قليلاً إلى الزراق[٦٢] (Bluish) والآن، لو تركنا الجسم يتبرد حتى يصل إلى حرارة تزيد قليلاً على خمسة آلاف درجة مئوية، أي إلى حرارة تقارب حرارة سطح الشمس فماذا نجد؟ نجد أنه في مثل هذه الحرارة المنخفضة نسبياً تظهر نسبة ضئيلة من الفوتونات ذات الطاقة العالية على شكل ضوء أزرق، بينما يكون معظم الباقي منها ذا ذبذبة أكثر انخفاضاً يتميز باللونين الأحمر والبرتقالي. ولهذا يبدو الجسم لأنظارنا

---

(٦٢) زراق ـ خضار ـ حمار ـ بياض ـ استعملناها هنا تعبيراً لكلمات انكليزية هي: (Reddish- Greenish- Bluish) الخ. . .

مصفراً قليلاً. (يقال عادة إن ضوء الشمس أبيض والحقيقة أنه مائل إلى الصفار).

وإذا انخفضت حرارة الجسم إلى أقل من ثلاثة آلاف درجة مئوية تندر نسبة الفوتونات ذات الطاقة العالية واللون الأزرق، وتقع معظم الطاقة المنبعثة عنه في نطاق الأشعة تحت الحمراء غير المرئية، بينما تتركز الكمية الضئيلة جداً من الضوء المرئي في القسم ذي الطاقة المنخفضة أي في نطاق اللونين الأحمر والبرتقالي. وعندها يبدو الجسم بلون أحمر غامق للعين المشاهدة.

إن هذا النقاش حول اللون ينطبق على أي جسم ذي أطياف مستمرة تنبثق طاقته من حرارة داخلية، ولكنه لا ينطبق مثلاً، على الغاز الرقيق (Thin) حيث تتألف الأطياف الصادرة عن مثل هذا الغاز من خطوط منتشرة فحسب، كما أنها لا تنطبق أيضاً على الأجسام التي يعود الانتشار منها إلى عملية السنكروترون (Synchrotron)[٦٣].

ولدى علماء الفلك عادة أجهزة خاصة تلصق بالتلسكوبات، يمكن بواسطتها قياس ألوان النجوم بدقة كبيرة. وهذه هي واحدة من الطرق التي يمكن بها قياس حرارة نجم من النجوم، وعلى الرغم من بعض التعقيدات التي تتعرض لها عملية القياس هذه، إلا أن الطريقة لا تزال متبعة حتى الآن.

والنقطة الهامة هنا هي فهمنا لسبب ظهور النجوم القليلة الحرارة بلون أحمر، وظهور أكثرها حرارة بلون مائل للزراق، في حين تكون النجوم المتوسطة الحرارة ذات ألوان تتدرج بين الصفار والبياض.

□ حجم النجوم:

لنأخذ مثلاً حبة من رمل وجبلاً ولنقارن بينهما. فإذا كان لهذين الجسمين حرارة متماثلة، يكون عندئذٍ لكل جزيء (Molecule) من حبة الرمل هذه طاقة

---

(٦٣) ينطلق الإشعاع السنكروتروني عن مرور جزيئات مكهربة (كالالكترونات) في مجال حقل مغناطيسي. ويمثل هذا الإشعاع جزءاً هاماً من عناصر الكون. ولم يكن معروفاً للعلم قبل عام ١٩٦٠ وهو عبارة عن طاقة إشعاعية غير حرارية.

حركية (Kinétic Energy) بصورة عامة، تماثل الطاقة الحركية لجزيء من الجبل، علمًا أن الجبل يتألف من ملايين ملايين الجزيئات.

إن الطاقة الحرارية لجسم ما هي حاصل مجموع الطاقة الحركية لجميع الجزيئات والذرات التي يتألف منها هذا الجسم، وعلى هذا فإن كتلة الجبل الكبيرة تعني أن للجبل طاقة حرارية أكبر بملايين ملايين المرات من حبة الرمل. وكلا الجسمان يبثان إشعاعات بسبب حرارتيهما. (ومعظم هذا الإشعاع يكون على شكل موجات وذبذبات «رادوية» تحت حمراء، إلا إذا كان لهما حرارة شديدة الارتفاع)، وبالتالي فإن الجبل الذي هو أكبر بالطبع من حبة الرمل سيبث طاقة أكبر من حبة الرمل، مما ينجم عنه أي يكون الجبل أكثر تألقاً، أو ذا ألق أعظم. ولكن بما أن للجسمين الحرارة نفسها، فسيكون لهما نفس «اللون» أي سيكون لمجموع تألقهما نفس التقسيم (التجزؤ ـ Fraction) على الذبذبات المختلفة وبكلمات أخرى، إذا كان جزء واحد من ألف من طاقة الجبل يقع في حقل الضوء الأحمر، فسيكون لحبة الرمل الشيء نفسه.

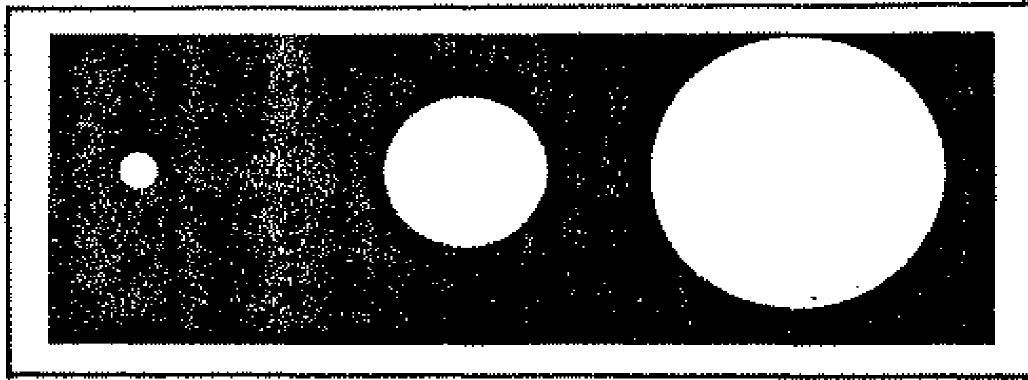
ولنعمد الآن إلى تسخين حبة الرمل حتى تصبح أكثر حرارة من الجبل وفي هذه الحال يصبح لجزيء حبة الرمل طاقة حركية أكبر من الطاقة الحركية التي للجزيئات التي يتألف منها الجبل، ولذلك سينتج عنها فوتونات أكثر، وفوتونات ذات طاقة أعلى مما سيكون عليه الحال مع جزيء من الكتلة الجبلية، وإذا قسنا طيف كل منهما، فقد نجد أن حبة الرمل قد تكون أكثر ازرقاقاً من الجبل. ولكن حجم الجبل الكبير على الرغم من انخفاض حرارته نسبياً بالمقارنة مع حبة الرمل، سيبقى بسبب ملايين ملايين الجزيئات التي يتكون منها ذا تألق أكبر من حبة الرمل المنفردة، وبالتالي سيشع دون ريب مجموعات أكبر من الطاقة في الثانية الواحدة.

إن حرارة جبل أو حبة رمل أو نجم ما، هي التي تحدد الكمية النسبية للإشعاعات المرتفعة أو المنخفضة الذبذبة التي يبثها الجسم، كما أن الحرارة تحدد أيضاً مجموع كمية الطاقة التي يبثها كل سنتمتر مربع من سطح من هذه الأجسام. وكلما ارتفعت درجة الحرارة، كلما ازداد مجموع كمية الطاقة المبثوثة

عبر كل سنتمتر مربع من سطح البقعة الناشرة للإشعاع (Area). ولهذا كان تألق أي جسم من الأجسام يعتمد اعتماداً رئيسياً وبآنٍ واحدٍ على مقدار الحرارة ومساحة السطح التي يتميز بها ذلك الجسم. ويستخدم علماء الفلك عادة هذه المعلومات لتحديد أحجام النجوم.

لنعد مرة أخرى لتفحص نجم الشعرى. فقد تم قياس بعده عنا ويبلغ حوالي ٨,٦ سنة ضوئية. وقد استطعنا من معرفة ذلك ومن اللمعان الظاهر لهذا النجم، تحديد مقدار تألقه الذي يبلغ حوالي ٣٠ مرة تألق الشمس. ويبدو نجم الشعرى على العموم بلون ناصع البياض، وهو لون يتوافق مع حرارة تبلغ حوالي ١٠ آلاف درجة مئوية. وأي نجم أو جسم آخر له مثل هذه الحرارة يشع السنتمتر المربع الواحد من سطحه مقداراً من الطاقة تبلغ حوالي عشر مرات الطاقة التي تنبعث من سنتمتر مربع من سطح الشمس. **فالتألق هو مجموع الطاقة المبثوثة من جميع أجزاء السطح في ثانية زمنية واحدة.** ولو كان للشعرى والشمس نفس مساحة السطح، لكان نجم الشعرى أكثر تألقاً بعشر مرات من الشمس، لكن عوضاً عن ذلك نجد أن الشعرى أكثر تألقاً منها بثلاثين مرة، مما يستتبع كون سطح الشعرى ثلاثة أمثال سطح الشمس. وأي كرة تبلغ مساحة سطحها ثلاثة أمثال مساحة سطح الشمس لا بد وأن يكون قطرها ١,٧ قطر الشمس. وبما أن قطر الشمس يبلغ حوالي ١,٣٨ مليون كم٢، لذلك نستطيع أن نقول بأن قطر الشعرى يبلغ ١,٣٨٠,٠٠٠ × ١,٧ = ٢,٤٠٠,٠٠٠ كم٢. (أنظر الشكل رقم ٦١).

وبمعنى آخر يمكن لنا تمثيل الوضع بمزارع يزرع محصولاً من القمح. «فحرارة» الحقل المزروع تدلنا على مقدار عدد الأكياس التي سيحصل عليها المزارع من الهكتارالواحد، في حين أن «تألق» الحقل هو مجموع الغلة. وإذا عرفنا غلة الهكتار الواحد، وعرفنا مجموع الغلة يمكننا بسهولة معرفة مساحة الحقل الذي يزرعه المزارع. وهكذا إذا عرفنا حرارة نجمٍ من النجوم، وكذلك مقدار تألقه امكننا بسهولة تصور كبر ذلك النجم القادر على إنتاج مثل هذا التألق.



الشكل رقم (٦١)
خصائص بعض النجوم

الشعرى اليمانية	الشمس	ب د ٤٥° ـ ٢٥٠٥
الكتلة: ٢,٢	الكتلة: ١,٠	الكتلة: ٠,٣
الحرارة: ١٠,٠٠٠° مئوية	الحرارة: ٥,٥٥٠ مئوية	الحرارة: ٢,١١٠ مئوية
التألق: ٣٠	التألق: ١,٠	التألق: ١,٠٠
العمر: ٠,٧ بليون عام	العمر: ١٠ بليون عام	العمر: ٣٠٠ بليون عام

□ تركيب النجوم: (Composition)

والآن مـمّ تتركب النجوم؟ لقد بيَّنّا فيما سلف كيف يمكن أن تجيب بشكل جزئي عن هذا السؤال. فخطوط الامتصاص والانتشار التي تنبعث عن النجوم والتي تبدو في أطيافها المستمرة ليست إلا بصمات أصابع الذرات والجزئيات التي تتركب منها تلك النجوم.

وتتميز بعض خطوط الطيف بذبذبات معينة مما يدل على أن هناك عملية امتصاص وبث شديد لذرات الهيدروجين.

وإذا ما لوحظت مثل هذه الخطوط في أطياف أحد النجوم فإنه يستدل منها على أن النجم يضم غاز الهيدروجين.

ونفس الأمر ينطبق على الذرات والجزيئات الأخرى التي يتركب منها النجم. أما عن التركيب الكيماوي للنجوم فإن الجدول التالي يمكن أن يعطي فكرة واضحة عنها، مع العلم أن هناك عناصر أخرى لا تظهر فيه كأوكسيد التيتانيوم مثلاً، وذلك لأنها تنشأ نتيجة اتحاد ذرات من هذا العنصر مع

الهيدروجين. ولكن الجزيء الجديد لا يلبث أن يتحطم إلى عنصريه الأساسيين مرة أخرى إذا ما ازدادت درجة الحرارة على النجم، ولهذا فلا يظهر مثل هذا العنصر الجديد إلا على أطياف النجوم الشديدة البرودة، بينما لا تظهر ذرات الهيدروجين إلا في أطياف النجوم الشديدة الحرارة. أما حيث تكون الحرارة شديدة جداً، فإن ذرة الهيدروجين نفسها تتحطم ثم تتأين وبالتالي فإن الجزيئات المتأينة من الهيدروجين لا تستطيع امتصاص ولا بثّ الخطوط المعروفة للهيدروجين في أطياف النجوم. وأكثر هذه الخطوط ظهوراً ووضوحاً في أطياف النجوم هي الخطوط الناشئة عن وجود الهيدروجين في نجم تزيد حرارته على ١٠ آلاف درجة مئوية.

جدول يبين العناصر المركبة لجو النجوم

العنصر	الذرات في كل ذرة هيدروجين	النسبة إلى جميع الذرات
الهيدروجين	١,٠٠٠,٠٠٠	٩٠,٧
الهيليوم	١٠٠,٠٠٠	٩,١
أوكسجين	١,٠٠٠	٠,٠٩
الكاربون	٥٠٠	٠,٠٥
النيون	٥٠٠	٠,٠٥
نيتروجين	١٠٠	٠,٠١
سيلكون	٣٠	—
مغنزيوم	٢٥	—
كبريت	٢٠	—
حديد	٤	—
صوديوم	٢	—
المنيوم	٢	—
كالسيوم	١	—
نيكل	١	—
جميع العناصر الأخرى أقل من ١		—

□ **كتل النجوم:**

لعل أهم خاصة من خصائص النجوم هي كتلها. وكتلة أي جسم تدل على كمية العناصر التي يحتوي عليها. ولو كان الجسم على سطح الأرض لأمكننا معرفة كتلته عن طريق وزنه. وبما أنه لا يمكننا إحضار نجم إلى سطح الأرض لنعمد إلى معرفة وزنه، كان علينا أن نجد طريقة أخرى لتحديد كتلة ذلك النجم.

وتمسك قدرة الله تعالى مختلف الكواكب السيارة وكذلك توابعها وغير ذلك من الكتل التي تشكل المجموعة الشمسية من أن تقع بعضها على بعض بواسطة قوة الجاذبية التي قدَّرها في كتلة الشمس، وقد عرف علماء الفلك أمثالاً عدة لنجمين أو أكثر تترافق مع بعضها بنفس الطريقة تقريباً نتيجة للجاذبية المتبادلة بينها.

وتدعى النجوم التي تدور حول بعضها بعضاً بشكل ثنائي بالنجوم الثنائية. أما قوة الجذب التي يمارسها كلا النجمين الواحد منهما على الآخر فتعتمد على كتلة كل منهما. وبواسطة قياس دقيق لمداري النجمين حول بعضهما، يتمكن علماء الفلك من حساب كتلة النجوم التي تتمكن جاذبيتها من إمساكها في مداراتها.

وبهذه الطريقة استطاع العلماء تحديد كتل عدد من النجوم وكثير من النجوم تدور وحيدة في أفلاكها، كما أن منها نجوم ثنائية المدار ولكن القياسات المجراة لها لا يمكن أن تكون دقيقة بشكل تام، ومثل هذه النجوم لا يمكن قطعاً تحديد كتلها بشكل مباشر، ولهذا كان لا بد لعلماء لفلك من اللجوء إلى طرق أخرى غير مباشرة. وهذه الطرق ليست من اهتمام الجغرافيا الفلكية.



الفصل الثالث

المجموعات النجمية الكبرى

☐ مقدمة :

تصور قدماء الفلكيين ــ بدءاً بالمصريين وانتهاء بالرومان ــ المجموعات النجمية الكبرى أو مايدعى بالكوكبات على شكل أو هيئة حيوانات أو أبطال نسجوا حولها الخرافات والأساطير.

وعندما جاء المسلمون وعملوا في حقل علم الفلك أخذوا مسميات القدماء لبعض هذه الكوكبات بعد تعريبها وأضافوا إليها.

ولهذا نجد أن الكثير من هذه الكوكبات تسمى بأسماء أبطال الأساطير القديمة، كالعذراء وذات الكرسي والمرآة المسلسلة وهرقل والجبار وفرساوس، كما نجد أن معظم الكوكبات الأخرى أخذت أسماء حيوانات لشبه شكلها بتلك الحيوانات أثناء ظهورها على صفحة السماء، كالثور والحمل والجدي، والسمكة والحوت والعقرب والسرطان والقيطس والكلب والدب والفرس والأسد. .

وحتى اليوم، لا زالت التسميات العربية لمعظم تلك الكوكبات تستعمل لدى علماء الفلك، لسهولة الربط بين توزع نجوم الكوكبة والشكل والإسم الذي أطلق عليها.

١ ــ التغير اليومي لمواقع النجوم:

لو راقبنا السماء ليلة بعد أخرى ونحن في نصف الكرة الشمالي، وركزنا أنظارنا على نجم لامع فيها، للاحظنا أن هذا النجم يظهر في السماء متأخراً ليلة

بعد أخرى. فلو افترضنا أن رؤية بزوغ ذلك النجم تمت في اليوم الأول في تمام الثامنة مساء، فإننا نرى ذلك النجم في اليوم التالي قبل أربع دقائق من تلك الساعة. وهكذا دواليك.

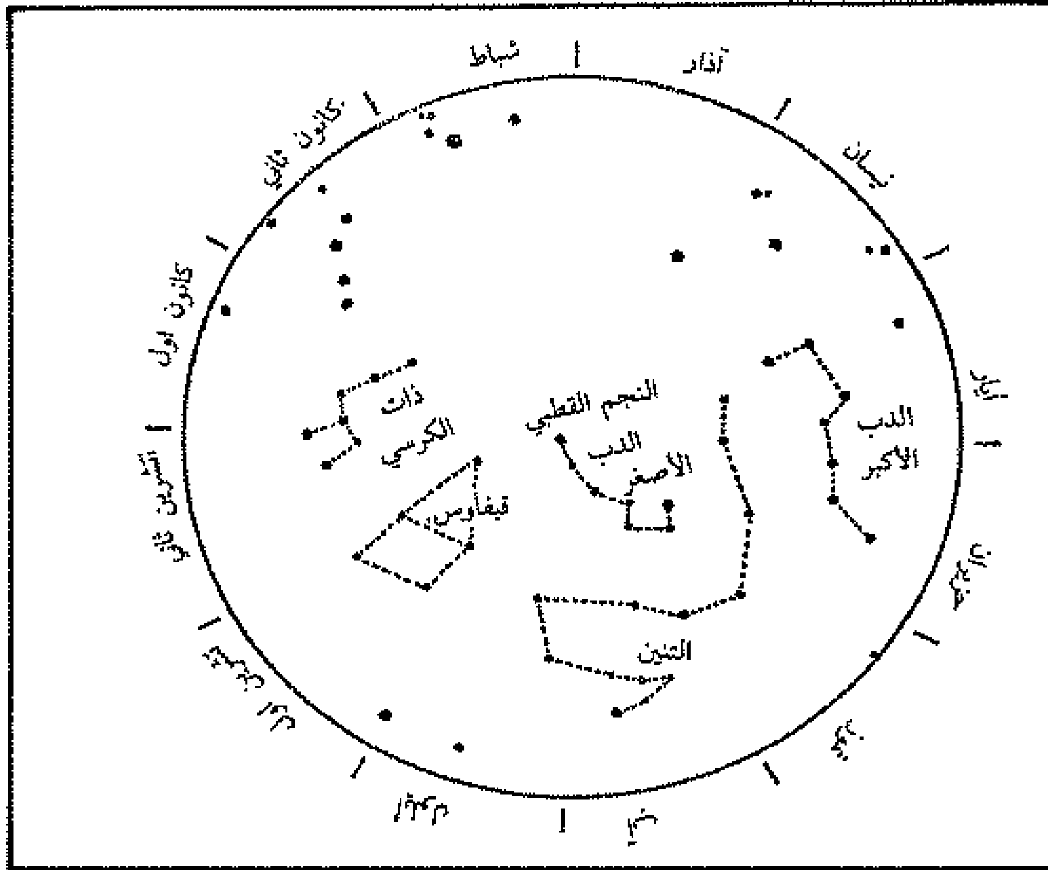
كذلك نلاحظ أن مجموع النجوم في سماء النصف الشمالي من الأرض تبدو وكأنها تدور كلها ككتلة واحدة حول نجم معين كل ليلة. وهذا النجم هو النجم القطبي.

والحقيقة أن هذا التغير اليومي لبزوغ النجوم وكذلك تحرك جميع النجوم حول نجم القطب ليس إلا حركة ظاهرية تنتج عن دوران الأرض حول نفسها. ولو تتبعنا على سبيل المثال نجوم كوكبة الدب الأكبر البالغ عددها سبعة نجوم واضحة لامعة تبدو على هيئة (مغرفة أو غرّاف) لها يد وطاسة، (أنظر الشكل رقم ٦٢)، للاحظنا أن «الدب الأكبر» يدور بانتظام حول القطب الشمالي للسماء، ويدور باتجاه مضاد لاتجاه عقارب الساعة، ولكن دوماً يشير إلى مكان «النجم القطبي» (Polaris) بواسطة «الدليلين».

«والدليلان» هما النجمان اللذان في مواجهة (طاسة المغـرفة) واللذان يقودان «الدب» في رحلته اليومية حول القطب. ولو وصلنا بين «الدليلين» بخط، ثم مددنا هذا الخط بمقدار خمسة أمثال طوله فإن ذلك يصل بالعين إلى «النجم القطبي» أو نجم الشمال.

ويبدو نجم القطب هذا للعين المجردة ملتصقاً بالقطب لا يتحرك، وهو النجم الذي يحدد لنا اتجاهات البوصلة.

وإذا سهرنا طيلة الليل لاحظنا أن أوضاع نجوم هذه الكوكبة، تتغير كلها مع تقدم ساعات الليل، ولكن النجم القطبي يبقى في مكانه، ويظهر كأن النجوم الأخرى تدور حوله. وإذا تابعنا المراقبة حتى الفجر نلاحظ بأن هذه النجوم قد دارت نصف دورة حول هذا النجم الشمالي، وفي الليلة التالية تعود تقريباً إلى وضعها الذي كانت عليه في الليلة السابقة.



الشكل رقم (٦٢)

نجوم السماء الشمالية عند الساعة الثامنة من مساء اول آذار (مارس). ويمثل الشكل موقع النجوم في ذات الوقت وفي اي تاريخ آخر، اذا ما أدير الشكل ليصبح ذات التاريخ في موضع القمة منه

«روبرت هـ. بيكر»

«عن كتاب عندما تطلع النجوم»

٢ ــ التغير السنوي (الفصلي) لمواقع النجوم:

لا تتغير أوضاع النجوم يومياً فحسب، بل إن لها تغيراً فصلياً أيضاً. ويرتبط هذا التغير الفصلي ارتباطاً واضحاً بحركة الأرض الانتقالية حول الشمس. فلو راقبنا السماء خلال شهور متتالية لاتضح لنا أن هنالك نجوماً تبدو في بعض الشهور ثم تختفي لتظهر على صفحة السماء نجوم من كوكبات أخرى. ولهذا

يقسم العلماء الكوكبات النجمية حسب الفصل الذي يغلب ظهورها فيه. ولهذا يقال عن كوكبات من النجوم أنها كوكبات الشتاء أو الصيف أو الخريف أو الربيع.

هذا ولما كان بزوغ نجم من النجوم يبكر كل يوم ٤ دقائق زمنية عن يوم بزوغه السابق، فإنه بعد ثلاثة أشهر من بزوغه الأول سيتأخر عن موعده بمقدار ٣ × ٣٠ × ٤ = ٣٦٠ دقيقة أي ست ساعات. وبذلك يكون في السماء ــ وإن كنا لا نراه ــ في الساعة الرابعة مساء. وبعد سنة يكون قد تأخر مقدار ٢٤ ساعة، وبذلك يعود إلى الظهور مرة ثانية في تمام الساعة الثامنة التي رأيناه فيها أول مرة.

ويبدو لنا الأمر وكأن النجم أتمَّ دورة كاملة خلال عام تقريباً. والحقيقة أن الأرض تكون قد أتمت دورة كاملة حول الشمس. أما تغير مواقع النجوم السنوي فينجم عن تغير صفحة السماء وراء الأرض أثناء فصل من الفصول. (راجع الشكل رقم ٣٥).

٣ ــ المجموعات النجمية الكبرى في نصف الكرة الشمالي:

من المألوف بالنسبة لدارسي علم الفلك الرجوع إلى خرائط للسماء ترسم لكل ثلاثة أشهر أي لفصل من الفصول، بمعنى أن للعام أربعة من هذه الخرائط السماوية لكل نصف من الكرة الأرضية. وبالطبع فإن كل فصل من فصول السنة يجلب معه صوراً نجمية معينة، ولكننا لا ننظر إليها على اعتبارها أشكالاً للنجوم كما كان يفعل القدماء، وإنما على اعتبار أنها تحدد مساحات معينة في السماء ذات حدود واضحة تشبه حدود الولايات والدول، تساعدنا في معرفة مواقعها على صفحة السماء.

وسندرج فيما يلي أشهر الكوكبات التي تمكن رؤيتها بالعين المجردة من النصف الشمالي للكرة الأرضية، علماً أننا نرى نجوماً لا يراها سكان النصف الجنوبي، كما أننا لا نرى أيضاً الكثير من نجوم ذلك النصف. هذا وسنعمد في

الفقرات التالية إلى وصف أهم هذه المجموعات دون أن ندخل في تفصيل بقيتها والتي هي من مجال علم الفلك لا علم الجغرافيا الفلكية.

□ نجوم الربيع:

وتظهر في السماء في ليالي الربيع، منذ أوائل آذار وحتى أوائل حزيران. وهي:

١ ــ مجموعة برج الأسد[٦٤].
٢ ــ مجموعة الدب الأكبر.
٣ ــ مجموعة الدب الأصغر (أو بنات نعش).
٤ ــ مجموعة برج العذراء.
٥ ــ مجموعة برج الميزان.
٦ ــ كوكبة الراعي.
٧ ــ كوكبة التاج.

□ مجموعة برج الأسد:

وتظهر في المساء الباكر عند بداية فصل الربيع. وتبدو على شكل منجل إلى اليمين من (طاسة) الدب الأكبر والمحصورة بين نجمي (المجزر والدب ــ أنظر الشكل). ويعد كثير من الناس ظهور المنجل في السماء من بشائر الربيع. ويدعى النجم اللامع عند نهاية مقبض المنجل باسم قلب الأسد (Regulus). ويكون المنجل والمثلث الواقع بالقرب منه الصورة النجومية القديمة والمعروفة باسم «الأسد» (Leo).

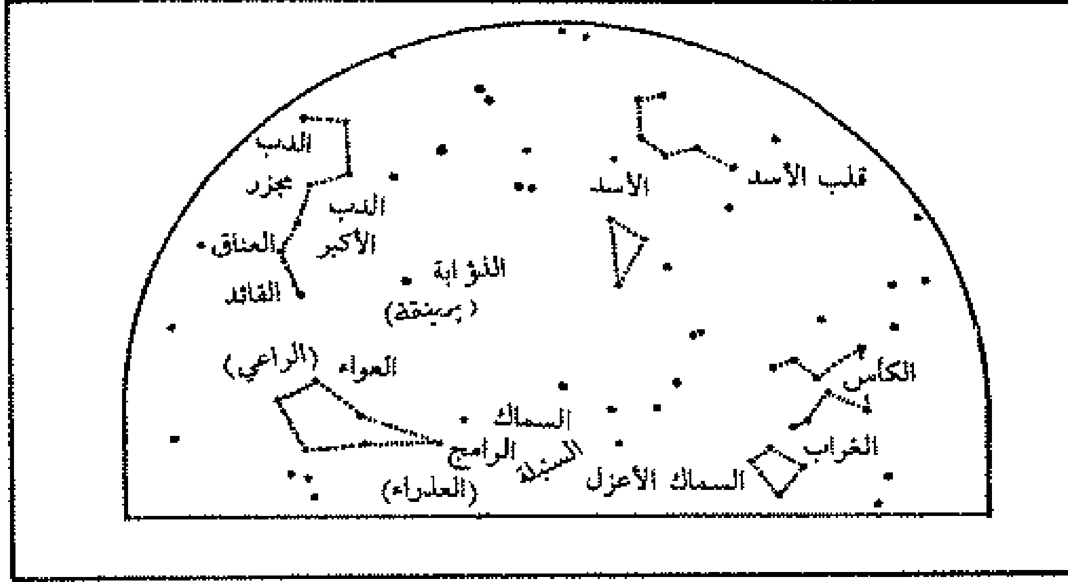
وتمر الشمس بمحاذاة «قلب الأسد» في أشد الأشهر حرارة أي حوالي

---

(٦٤) وتمثل مجموعة برج الأسد واحدة من اثنتي عشرة صورة نجومية تدعى بالبروج حيث يمثل كل واحد منها شهراً من شهور السنة. وقد سبق أن عرضنا إليها عند حديثنا عن الشمس وتسهيلاً لحفظها ضمها العرب في أرجوزة منها:

حمل الثور جوزة السرطان ورعى الليث سُنبل الميزان الخ..

(٢٢ آب) ثم تسير بعد ذلك نحو الشرق في اتجاه «السماك الأعزل» أي باتجاه برج السنبلة أو العذراء. (أنظر الشكل رقم ٦٣).



الشكل رقم (٦٣)
مرشد للسماء الشرقية عند الساعة الثامنة مساء في فصل الربيع

وبين (ذنب الأسد) ونهاية مقبض (الدب) يقع تجمع للنجوم الخافتة التي يتألق ضوؤها بين حين وآخر. ويدعى هذا التجمع باسم «الذؤابة» أو شعر «برينقة»[٦٥] (Berenecie's Hair). وفي الجهة الجنوبية الشرقية وفي الربيع المبكر، نعثر على «الغراب» والكأس، ويبدو الغراب كشكل بارز ذي أربعة أضلاع. أما الكأس فتتكون من مجموعة من النجوم الخافتة نسبياً، ولكنها تمثل في تجمعها شكل كأس حقيقية.

---

(٦٥) برينقة: أميرة مصرية أسطورية قيل أنها نذرت قص شعرها ووضعه في معبد «فينوس» إن عاد إليها مليكها منتصراً من الحرب. ولكن الشعر اختفى، فقيل أن «فينوس» رفعته إلى ذلك المكان من السماء حيث يلتمع بصورة دائمة.

□ **نجوم الصيف:**

وتظهر في السماء بين شهر تموز وأيلول وأهمها:

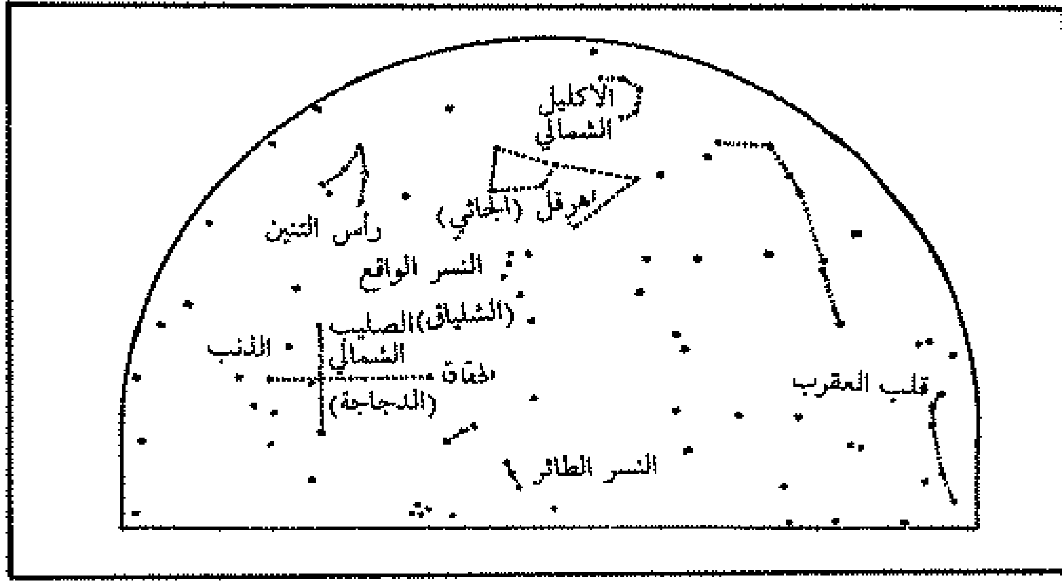
١ ــ برج العقرب.
٢ ــ كوكبة الجاثي.
٣ ــ برج الرامي.
٤ ــ مجموعة العقاب.
٥ ــ مجموعة الشلياق.
٦ ــ برج الجدي.
٧ ــ كوكبة الدجاجة.

□ **الصليب الشمالي:**

تظل النجوم التي تمثل (العواء) والتي تشبه طائرة من الورق، وكذلك منجل (الأسد) بارزة للعيان عند ابتداء أمسيات الصيف، إلا أنها تبدأ بالانسحاب تدريجاً باتجاه الغرب، بينما تظهر مجموعات نجمية جديدة ملفتة للنظر في الشرق.

ففي شهر حزيران يظهر في القسم الشرقي من السماء شكل جميل يمثل نصف دائرة، يعرف باسم «الاكليل الشمالي»، وإلى الأسفل منه تبدو مجموعة «الجاثي» التي لا يمكن رؤيتها بشكل واضح إلا عند احتجاب القمر وبالتلسكوب.

وإذا تجاوزنا منتصف (الجاثي) إلى أسفل نعثر على الصورة النجومية المعروفة باسم «الشلياق» أو «القيثارة ــ Lyra» وأهم نجومها وألمعها هو «النسر الواقع» ويبدو أن الشمس وأسرتها من الكواكب السيارة تنطلق باتجاه هذا الجزء من السماء بسرعة كبيرة، قاطعة في السنة الواحدة أربعة أمثال بعد الأرض عن الشمس أي حوالي ٦٠٠ مليون كم. (أنظر الشكل رقم ٦٤).



الشكل رقم (٦٤)
مرشد للسماء الشرقية عند الساعة الثامنة مساء في فصل الصيف

وعلى امتداد الشلياق ونحو أسفل نعثر على ما يدعى «بالصليب الشمالي» (أنظر الشكل). وتطلع هذه المجموعة عند الغسق وفي مستهل الصيف. وأشهر نجوم هذا الصليب وأشدها التماعاً يقع في جهة الشمال ويعرف باسم «الذنب». أما في أسفله فنجم «الحقاق» وتمثل هذه المجموعة طائراً جميلاً ولهذا يطلق عليها إسم «الدجاجة» أو البجعة (Cygnus).

ويكون الصليب هذا أكثر وضوحاً في فصل الخريف عندما نراه وكأنه فوق رأسنا تماماً في وسط (المجرة). وإلى الجنوب الشرقي من الصليب، نعثر على النجم المعروف واللامع «النسر الطائر» أو كما أسماه العرب (الطير ـ Altair). وهو النجم الأوسط من ثلاثة نجوم تمتد على شكل مستقيم.

أما (العقرب) فيبرز للعيان في الجهة الجنوبية الشرقية، ويكون أكثر وضوحاً في أواخر فصل الصيف، وألمع نجومه هو نجم (قلب العقرب ـ Antares) وهو أكبر النجوم الجبارة حيث يبلغ قطره ٦٠٠ مرة قطر شمسنا. (أنظر الجدول رقم ٤ الملحق).

□ نجوم الخريف:

وتظهر بوضوح على صفحة السماء بين شهر تشرين أول وكانون أول، وأهمها:

١ ــ برج الدلو.
٢ ــ الفرس الأعظم.
٣ ــ برج الحوت.
٤ ــ المرآة المسلسلة.
٥ ــ ذات الكرسي.
٦ ــ رأس الغول.
٧ ــ برج الحمل.

□ مربع الفرس الأعظم:

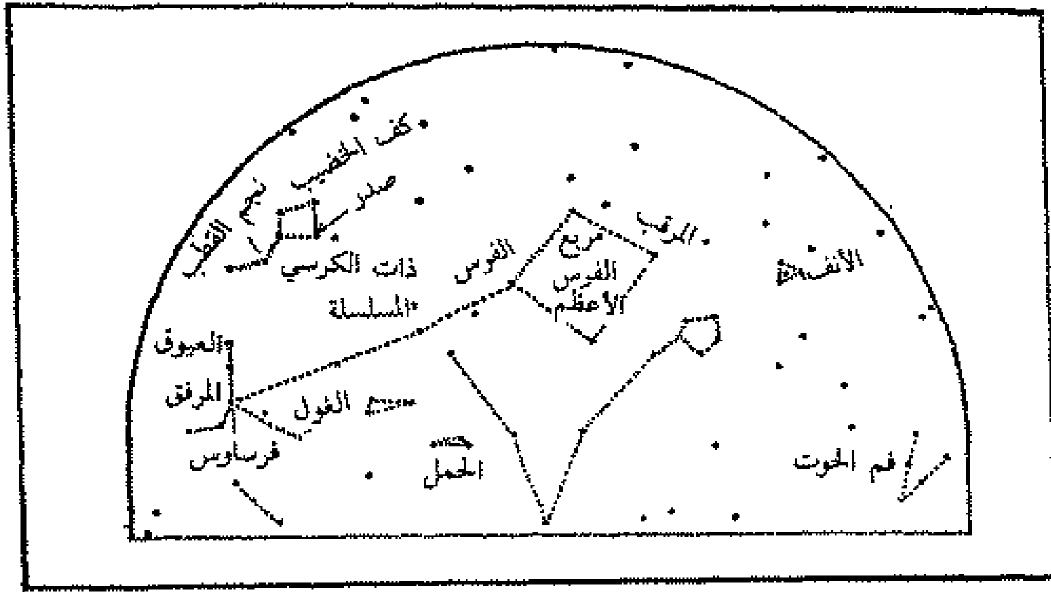
تقع هذه المجموعة بين مجموعات «الدجاجة» شرقاً و«الدلفين» غرباً و«الدلو» جنوباً، وتبدو هذه المجموعة على هيئة مربع يشترك أحد نجومه مع مجموعة المرآة المسلسلة أي نجم (الفرس)، ويقابله في وتر المربع نجم(المرقب). وإلى خارج المربع تمتد مجموعة نجمية على هيئة مثلث تنتهي بنجم الأنف. (أنظر الشكل رقم ٦٥).

وعلى امتداد المرآة المسلسلة نعثر على «الغول» وعلى نجم «فرساوس» (Perseus). أما إلى الأعلى منها فنجد «مجموعة ذات الكرسي» وتبدو على شكل كرسي مرتفع الظهر. وتعد نجوم هذه المجموعة من النجوم الطوافة التي تظهر على مدار العام وهي تقع على مسافة تقارب بُعد الدب الأكبر عن النجم القطبي. وتمثل هذه المجموعة حرف (W) كما في اللغة الأجنبية، وألمع نجومها هو نجم «الصدر».

□ نجوم الشتاء:

وتظهر بين كانون الثاني ونهاية آذار، وأهمها:

١ ــ كوكبة الجبار.
٢ ــ برج الثور.



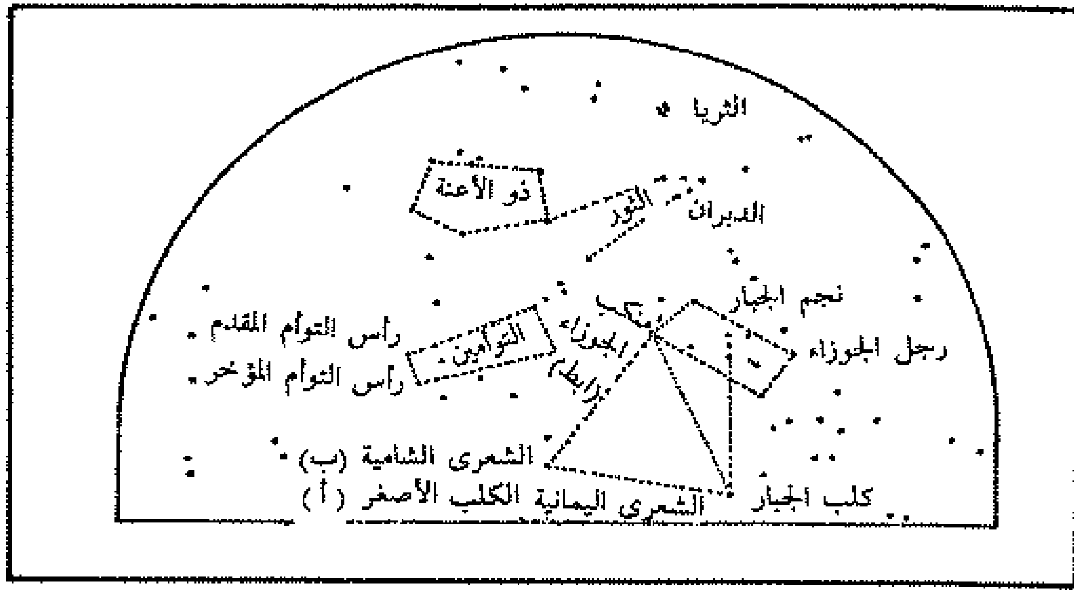
الشكل رقم (٦٥)
مرشد السماء الشرقية عند الساعة الثامنة مساء في فصل الخريف

٣ ـــ ذو الأعنة.
٤ ـــ كوكبة الكلب الأكبر.
٥ ـــ كوكبة الكلب الأصغر.
٦ ـــ برج الجوزاء (التوأمين).
٧ ـــ برج السرطان.

□ الجبار:

تتقدم الصور النجومية في الشتاء وهي تشق سماء الشرق في صفين يمتدان على جانبي المجرة. فعلى الجانب الأيسر منها يقف ذو الأعنة (Auriga) بنجمه الأصفر اللامع المسمى «العيوق» أو «رقيب الثريا» (Capella) ونجوم هذه الصورة تقرب من شكل الفطيرة أو القرص المقلوب.

أما «الثور» فيقود الصور النجمية في الجانب الأيمن للمجرة، ويتميز بعنقودين جميلين من النجوم، وهما: «الثريا» و «القلاص». (أنظر الشكل رقم ٦٦).



الشكل رقم (٦٦)
مرشد السماء الشرقية عند الساعة الثامنة مساء في فصل الشتاء
عن كتاب «عندما تطلع النجوم»
«روبرت هـ. بيكر»

و «الثريا» أو «الأخوات السبع» من أكثر الأشكال النجومية المعروفة، فهي ترى بالعين المجردة ولكن بعضها خافت اللمعان. ولا ترى المجموعة بكاملها إلا بالتلسكوب.

وأسفل «الثريا» يقع التجمع الأكبر لنجم «القلاص» وهو على شكل رقم (٧)، وهذا العنقود كان يمثل رأس «الثور» السماوي عند الأقدمين.

أما نجم «الدبران» وهو نجم أحمر فكان يحدد عيون الثور الملتهبة.

ويلي القلاص نحو الجنوب نجم «الجبار» وهو أكثر الصور النجومية لمعاناً.

وهو يتخذ شكل المستطيل يقع في كل زاوية منه نجم لامع وفي منتصف المستطيل ثلاثة نجوم تشير إلى أعلى نحو عناقيد «الثور» وإلى أسفل نحو «كلب الجبار» أو الشعرى اليمانية أو الشعرى (أ). وهي كما ذكرنا سابقاً تعد ألمع النجوم قاطبة.

وإلى الشمال من الشعرى الشامية (ب) تمتد مجموعة التوأمين (برج الجوزاء) وفي مقدمتها يلتمع رأس التوأم «المقدم» (Castor) ورأس التوأم «المؤخر» (Pollux) عبر المجرة وبعد الجبار. ومع بدء انقضاء الشتاء يعود منجل «الأسد» إلى الظهور من الشرق ليخبرنا بأن الربيع على الأبواب.

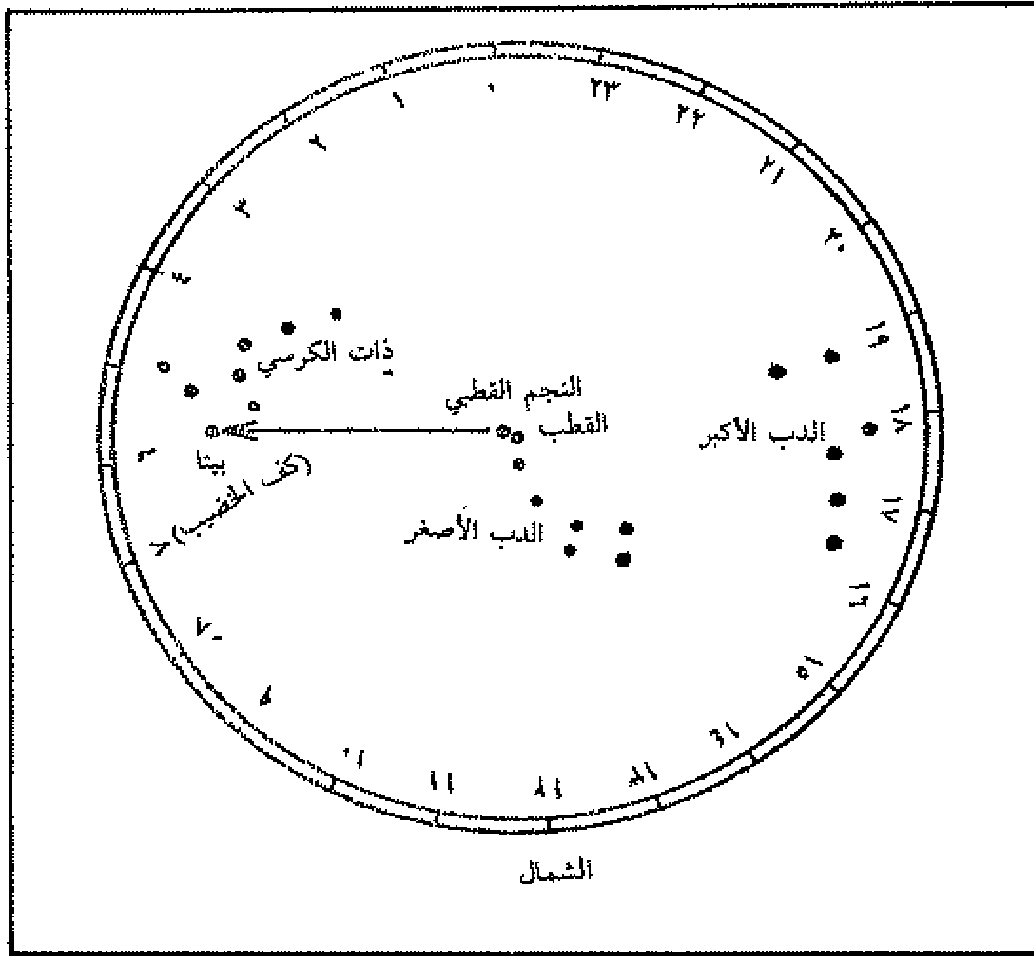
٤ ـ الساعات النجمية:

يتقدم طلوع النجوم عادة أربع دقائق من ليلة لأخرى. ونحن نعرف أن الشمس تستغرق ٢٤ ساعة كاملة لتتم دورتها من الظهر إلى الظهر التالي. ولما كانت شؤون الناس مرتبطة بالشمس، لا بالنجوم، لذلك فإننا نضبط ساعاتنا على الشمس بقدر الإمكان.

والتوقيت الشمسي أكثر ملاءمة للأغراض العادية، ولكن الشمس ذاتها ليست ضابطاً للوقت يوثق به. ففي بعض الأحيان تبطىء الشمس بمقدار ربع ساعة كاملة، وفي أحيان أخرى من العام تسرع بمقدار ربع ساعة. ولهذا السبب تضبط الساعات عادة لا على الوقت الذي تحدده شمسنا، وإنما على وقت شمس أخرى نتخيلها تجري بانتظام، وهكذا تضبط ساعاتنا على شمس متوسطة نتخيلها.

وعملياً، تضبط الساعات على ساعة واحدة أو إشارة للراديو تطابق ساعة أحد المراصد (ساعة غرينتش). أما ساعة المرصد فيتم ضبطها بمقارنتها بساعة ضابطة لجميع الساعات، وهذه الساعة هي الساعة النجمية الكبرى، حيث يقرأ الفلكيون الوقت عليها ثم يحولونه إلى وقت شمسي. والساعة النجمية هذه في النصف الشمالي من الكرة الأرضية صحيحة دوماً، لا تعرف الخطأ. وهي تعطي التوقيت الصحيح لكل عارف بقراءتها. (أنظر الشكل رقم ٦٧).

ويقع نجم القطب بمحاذاة مركز هذه الساعة. أما «الكف الخضيب» أو دليل النجوم السبعة في «ذات الكرسي» والتي تدور حول القطب فيمثل طرف عقرب هذه الساعة.



الشكل رقم (٦٧)
الساعة النجمية الكبرى في الشمال

ويمكننا أن نتصور عقرب هذه الساعة بسهولة، فهو خط يمتد من نجم القطب إلى نجم «الكف الخضيب» وهو نجم خفّاق في الرجل الأمامية لمجموعة ذات الكرسي.

وتختلف الساعة النجمية في الشمال عن الساعات العادية. فعقرب الساعة فيها يدور في اتجاه معاكس لعقارب الساعة العادية، كما أنه يدور دورة واحدة كل يوم بدل الدورتين.

وليس للساعة النجمية عقارب دقائق أو ثوان. كما أنه ليس لها أعداد حول ميناتها لتدلل بها على الساعات. لذلك يتصور الفلكيون أن الأرقام موضوعة حول دائرة وهمية تقع مباشرة خارج مسار «ذات الكرسي» حول قطب السماء. وحيثما يشير عقرب الساعة يتحدد الوقت النجمي الصحيح.

وقد وضع علماء الفلك ساعة فلكية في المراصد الكبرى يجري ضبطها على ساعة السماء. وعلى مثل هذه الساعة الفلكية يطلع النجم في وقت محدد طيلة العام بدلاً من أن يطلع مبكراً بمقدار ٤ دقائق كل يوم.

ووفقاً لهذه الساعة الفلكية تدور الأرض دورة واحدة كل أربع وعشرين ساعة (والحقيقة أن الأرض تدور حول نفسها كل ٢٣ ساعة و ٥٦ دقيقة).

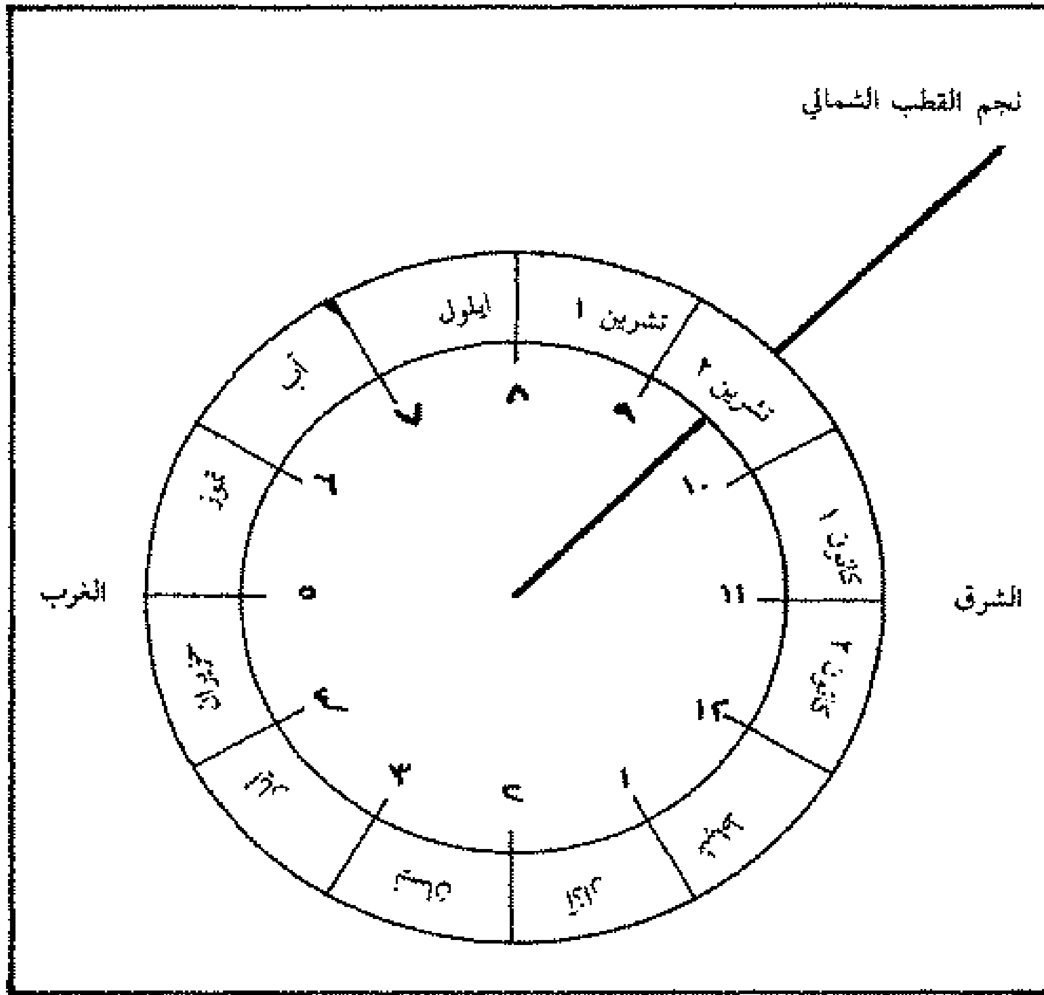
ويتطابق المظهر الذي تحدده النجوم مرة واحدة في العام مع الظهر الذي تحدده الشمس، في يوم ٢١ آذار (مارس). ولكن في اليوم التالي أي الثاني والعشرين يتقدم الوقت النجمي عند الظهر مقدار أربع دقائق عن الظهر الشمسي وهكذا دواليك، حتى يبلغ التقدم مقدار ساعتين زمنيتين كل شهر، وعندما يحل ٢١ آذار من السنة التالية، تكون الساعة النجمية قد كسبت يوماً كاملاً، وبذا يعود الظهر كما تحدده النجوم مطابقاً للظهر الذي تحدده الشمس.

إن دوران النجوم في مسالكها بصورة أسرع من الشمس يعود إلى انتقال الشمس ظاهرياً من الغرب إلى الشرق، الذي ينجم عن دوران الأرض يومياً حول محورها من الغرب إلى الشرق وكذلك دورانها في حركتها الانتقالية حول الشمس.

هذا وقد استُخدم تقدم طلوع النجوم في عمل ساعة نجمية، ويمكن لأي منا أن يصنع مثيلاً لها. أما طريقة صنعها فهو كالآتي: (أنظر الشكل رقم ٦٨).

١ ــ قص قرصاً من الورق المقوى واكتب عليه الأرقام من ١ ــ ١٢ بفواصل متساوية.

٢ ــ اثقب دائرة القرص في مركزها تماماً.



الشكل رقم (٦٨)
الساعة النجمية

٣ ــ قص قرصاً آخر وقسمه إلى اثني عشر قسماً متساوية واكتب عليها أشهر السنة بادئاً من كانون الثاني ومنتهياً بكانون الأول على أن تكون الكتابة متوافقة مع حركة عقربي الساعة، ثم اثقب هذه الدائرة في مركزها.

٤ ــ ضع الدائرتين فوق بعضهما، بحيث يتطابق الثقبان، وضع في نقطة الثقبين عصا. (أنظر الشكل) وأشر على اللوحة التي ستضع عليها القرصان وأمام الأشهر كلمتا الشرق والغرب.

٥ ـــ إجعل العصا تشير إلى نجم القطب الشمالي، واتجاه الشرق على اللوحة يشير الى الشرق.

٦ ـــ حرّك قرص الساعات ٤ دقائق كل يوم باتجاه كلمة الشرق، وأرصد الخط الواصل بين دليلي الدب الأكبر، وبذلك ترى أن الخط الواصل بين رقم الساعة ومركز القرص والخط الواصل بين الدليلين ونجم القطب الشمالي يدل على الساعة الحقيقية.

[انتهى بعون الله وحمده]



جداول ملخّصة عن الكواكب وأهمّ النجوم

(*) إن معظم الأرقام الواردة في هذه الجداول وخاصة الجدولين رقم (٣و٤) خاضعة للتغير عندما تتوفر أرقام أكثر دقة وصحّة.

جدول رقم (١)

الكوكب	البعد الوسطي عن الشمس		الدوران حول الشمس		شذوذ المدار عن الدائرة (الدائرة = صفر)	التوابع (الأقمار)
	بملايين كم	بالوحدة الفلكية (الأرض = ١)	بالسنوات	بالكم / ثا		
عطارد	٥٧,٦٠	٠,٣٨٧	٠,٢٤١	٤٧,٩٤	٠,٢٠٦	—
الزهرة	١٠٧,٥٢	٠,٧٢٣	٠,٦١٥	٣٥,٠٦	٠,٠٠٧	—
الأرض	١٤٨,٦٤	١,٠٠٠	١,٠٠٠	٢٩,٧٦	٠,٠١٧	١
(القمر)	—	—	—	—	٠,٠٥٥	—
المريخ	٢٢٦,٥٦	١,٥٢٤	١,٨٨١	٢٤,١٣	٠,٠٩٣	٢
(سيرس)	٤١١,٢٠	٢,٧٦٦	٤,٦٠٢	—	٠,٠٧٩	—
المشتري	٧٧٤,٤٠	٥,٢٠٣	١١,٨٦٠	١٣,٠٣	٠,٠٤٨	١٣أو١٤؟
زحل	١,٤١٩,٢٠	٩,٥٣٩	٢٩,٤٦٠	٩,٦٥	٠,٠٥٦	١٠
اورانوس	٢,٨٤٨,٠٠	١٩,١٨٠	٨٤,٠١٠	٦,٧٦	٠,٠٤٧	٥
نبتون	٤,٤٦٤,٠٠	٣٠,٠٦٠	١٦٤,٨٠٠	٥,٤٨	٠,٠٠٩	٢
بلوتو	٥,٨٧٢,٠٠	٣٩,٤٤٠	٢٤٧,٧٠٠	٤,٦٦	٠,٢٥٠	—

جدول رقم (٢)

الكوكب	القطر بالكيلومتر	الكتلة بالنسبة (للأرض = ١)	الكثافة المتوسطة الماء = ١	دورانها حول محورها بالأيام والساعات والدقائق			الجاذبية على السطح (جاذبية الأرض = ١)
				يوم	ساعة	دقائق	
عطارد	٤,٨٤٨,٠٠	٠,٠٥٥	٥,٤	٥٩	—	—	٠,٣٧
الزهرة	١٢,٠٣٢,٠٠	٠,٨١٥	٥,٢	٢٤٣	—	—	٠,٩١
الأرض	١٢,٦٨٨,٠٠	١,٠٠٠	٥,٥	—	٢٣	٥٦	١,٠٠
(القمر)	٣,٤٥٦,٠٠	٠,٠١٢	٣,٣	٢٧	٨	—	٠,١٧
المريخ	٦,٦٥٢,٠٠	٠,١٠٨	٣,٩	—	٢٤	٣٧	٠,٣٨
(سيرس)	٩٤٨,٨٠	٠,٠٠٠١٧	٢,٢	—	٩	٥	٠,٠٣
المشتري	١٤١,٩٢٠,٠٠	٣١٨,٠٠	١,٣	—	٩	٥٠	٢,٥٤
زحل	١١٩,٣٦٠,٠٠	٩٥,٢٠	٠,٧	—	١٠	١٤	١,٠٨
اورانوس	٥١,٥٢٠,٠٠	١٤,٦٠	١,٦	—	١٠	٤٩	٠,٨٩
نبتون	٤٩,٢٨٠,٠٠	١٧,٢٠	١,٧	—	١٥	٤٨	١,١٤
بلوتو	٥,٩٢٠,٠٠؟	٠,١٠؟	؟	٦	—	—	؟

جدول رقم (٣)

النجوم القريبة

النجم	البعد عن الأرض ـ سنة ض	اللمعان الظاهري (القدر)	حرارة السطح بالدرجة المئوية	التألق الشمس = ١,٠	القطر الشمس = ١
الشمس	٠,٠٠٠١٦	٢٦,٧-	٥٥٠٠	١,٠٠٠٠	١,٠
قنطورس (أ)[١]	٤,٣	٠,١-	٥٥٠٠	١,٥٠٠٠	١,٢
قنطورس (أ)[٢]	٤,٣	١,٣	٥٠٠٠	٠,٥٠٠٠	٠,٨
قنطورس (أ)[٣]	٤,٣	١١,١	٢٦٦٧	٠,٠٠٢	٠,٢
نجوم برنارد	٥,٩	٩,٥	٢٨٣٤	٠,٠٠٤٠	٠,٢
الذئب	٧,٦	١٣,٥	٢٢٢٣	٠,٠٠١١	٠,٢
ب د + ٢١٤٧٣٦	٨,١	٧,٥	٣٢٢٣	٠,٠٢٢٠	٠,٤
الشعرى اليمانية (أ)	٨,٦	١,٥-	١٠٠٠٠	٢٦,٠٠٠٠	١,٧
الشعرى اليمانية (ب)	٨,٦	٨,٤	٣١٦٧	٠,٠٦٠٠	٠,٠٠٨
ليوتن ٧٢٦ــ٨ (أ)	٨,٩	١٢,٤	٢٤٤٥	٠,٠٠٢٠	٠,٢٠٠
ليوتن ٧٢٦ــ٨ (ب)	٨,٩	١٢,٩	٢٣٨٩	٠,٠٠١٢	٠,١٧٠
روس ١٥٤	٩,٥	١١,٠	٢٧٢٣	٠,٠٠٤٠	٠,٢٠٠

تابع جدول رقم (٣)

النجم	البعد عن الأرض ـ سنة ض	اللمعان الظاهري (القدر)	حرارة السطح بالدرجة المئوية	التألق الشمس = ١,٠	القطر الشمس = ١
روس ٢٤٨	١٠,٣	١٢,٣	٢٥٥٦	٠,٠٠٢٠	٠,٢٠٠
3 ايرداني (آخر النهار)	١٠,٨	٣,٧	٤٥٥٦	٠,٣٦٠٠	٠,٩٠٠
ليوتن ٧٨٩ ـ ٦	١٠,٨	١٢,٢	٢٤٥٠	٠,٠٠٤٠	٠,٢٦٠
روس ١٢٨	١٠,٨	١١,١	٢٨٣٤	٠,٠٠٤٠	٠,٢٠٠
الدجاجة (أ)	١١,١	٥,٢	٤٠٥٦	٠,١٤٠٠	٠,٧٠٠
الدجاجة (ب)	١١,١	٦,٠	٣٦٦٧	٠,٠٩٠٠	٠,٧٠٠
3 اندى (آخر النهار)	١١,٢	٤,٧	٤١٦٧	٠,٢٤٠٠	٠,٨٠٠
الشعرى الشامية (أ)	١١,٤	٠,٤	٦٦٦٩	٧,٠٠٠٠	٢,١٠٠
الشعرى الشامية (ب)	١١,٤	١٠,٧	٧٧٧٨	٠,٠٠٠٦	٠,٠١٠

جدول رقم (٤)

النجوم والمجموعات النجمية

النجم المجموعة أو الكوكبة	اللمعان الظاهري اقدارها	البُعد عن الأرض بالسنة الضوئية	حرارة السطح بالدرجة المئوية	التألق الشمس = ١	القطر الشمس = ١
الشمس	-٢٦,٧	٠,٠٠٠٠١٦	٥٥٠٠	١,٠	١,٠
الشعرى اليمانية ـ الكلب الأكبر	-١,٥	٨,٦	١٠٠٠٠	٢٦,٠	١,٧
سهيل القرينة	-٠,٧	٢٠٠,٠	٧٢٠٠	٥٥٠٠,٠	٤٥
قنطورس (أ)	٠,٠(؟)	٤,٣	٥٥٠٠	١,٥	١,٢
السماك الرامح ـ الراعي	-٠,١	٣٥,٠	٤٠٠٠	١٨٠,٠	٢٥
الشلياق او القيثارة ـ النسر الواقع	٠,٠	٢٧,٠	٩٤٤٥	٦٥,٠	٢,٩
رقيب الثريا ـ ذو الأعنة	٠,٠	٤٥,٠	٥١٠٠	١٨٠,٠	١٦,٠
رِجْل الجبار ـ الجوزاء	٠,١	٨٥٠,٠	١١٠٠٠	٩٠,٠٠٠,٠	٧٠,٠
الشعرى الشامية ـ الكلب الأصغر	٠,٤	١١,٤	٦١٠٠	٧,٠	٢,١
ابط الجوزاء ـ الجبار	٠,٤(ب)	٥٠٠,٠	٢٦٦٧	٧٠,٠٠٠,٠	١٠٠٠,٠
اخر النهار (النهر)	٠.٥	١٤٠,٠	١٤٤٤٥	٣,٣٠٠,٠	٩,٠

تابع جدول رقم (٤)

النجم المجموعة أو الكوكبة	اللمعان الظاهري أقدارها	البُعد عن الأرض بالسنة الضوئية	حرارة السطح بالدرجة المئوية	التألق الشمس = ١	القطر الشمس = ١
قنطورس (ب)	٠,٦	٤٠٠,٠	٢٢٠٠٠	٧٥,٠٠٠,٠	١٨,٠
الطير ـ العقاب	٠,٨	١٧,٠	٧٧٧٨	١٠,٠	١,٧
الصليب ـ (أ) الصليب	١,٤(أ)	٤٠٠,٠	٢٣٨٨٩	٤٠,٠٠٠,٠	١٢,٠
الدبران ـ الثور	٠,٩	٦٨,٠	٣٢٢٣	٤٧٠,٠	٦٠,٠
السنبلة ـ العذراء	٠,٩(ب)	٢٤٠,٠	٢٣٨٨٩	١٨,٠٠٠,٠	٨,٠
قلب العقرب ـ العقرب	٠,٩(ب)	٤٥٠,٠	٢٢٥٠	٣٠,٠٠٠,٠	٦٠٠,٠
رأس التؤام ـ التؤامان	١,٢	٣٥,٠	٤٤٤٥	٤٥,٠	١٠,٠
فم الحوت (الحوت)	١,٢	٢٣,٠	٧٧٥٠	١٤,٠	١,٦
الذنب ـ البجعة	١,٣	١٥٠٠,٠	٨٨٨٩	٧٠,٠٠٠,٠	١١١,٠

جدول رقم (٥)
اسماء أهم النجوم والمجموعات النجمية
(لاحظ أن معظم الأسماء الواردة ذات أصل إغريقي وعربي)

A

Achernar	آخر النهار
Algenib	الجنب
Alkaid	القائد
Alphard	الفرد (عنق الشجاع)
Alphecca	الفكة
Alpheratz	رأس المسلسلة
Alsuhail	السُّهيل
Altair	الطير
Andromeda	المرآة المسلسلة
Antare	قلب العقرب
Aquarius	الساقي
Aquarids	برج الدلو
Aquila	العقاب
Arcturus	السماك الرامح
Aries	برج الحمل
Auriga	ذو الأعنة

B

Bellatrix	الناجد
Bootes	الراعي (العواء)

C

Cancer	برج السرطان
Canis — Major — Minor	الكلب الأكبر والأصغر
Canopus	سهيل اليمن
Capella	العيوق (رقيب الثريا)
Caph	الكف الخضيب
Capricornus	برج الجدي
Carina	القرينة (الجؤجؤ)
Cassiopea	ذات الكرسي
Castor	رأس التوأم المقدم
Centaurus	قنطورس
Centuari Prexima	رِجْل قنطورس
Cetus	الحوت
31 Corona Borealis	الاكليل الشمالي
Cowus	الغراب
Crucis	الصليب
Cygnus	البجعة (الدجاجة)

D

Debran	الدبران

Deneb	الذنب
Diphda	الضفدع
Dipper	الدب
Dubhe	دُبهى (من نبات نعش)

E

Enif	الأنف
Eridanus	النهر

F

Famalhout	فم الحوت

G

Gemini	التوأمان

H

Hamal	نجم الحمل
Hercules	الجاثي (هرقل)

L

Leo	الليث (الأسد)
Lyra	الشلياق (القيثارة)

M

Marfak	المرفق
Markab	المرقب
Mirach	المرش

O

Orion	الجوزاء (الجبار)

P

Pegasus	الفرس
Perseus	فرساوس
Picis	الحوت
Pleiades	الثريا
Polaris	النجم القطبي
Pollux	رأس التؤام المؤخر
Procyon	الشعرى الشامية

R

Rasalague	رأس الحوا
Rigel	رجل الجبار
Rigulus	قلب الأسد

S

Scorpius	العقرب
63 Sirius	الشعرى اليمانية
Spica	السنبلة

T

Taurus	برج الثور

V

Vega	النسر الواقع
Virgo	العذراء

W

Wolf	الذئب

ثبت بأهم المراجع

(أ) المراجع العربية

(١) د. ابراهيم نحال: الجيولوجيا. الطبعة الأولى، جامعة حلب، ١٩٦٧م.

(٢) عمر الحكيم: تمهيد في علم الجغرافيا. الطبعة الثالثة، جامعة دمشق، ١٩٥٨م.

(٣) فرانكلين. م. برانلي: مبادىء علم الفلك. ترجمة د. محمد جمال الدين الفندي، مؤسسة فرانكلين للطباعة، القاهرة، ١٩٦٣م.

(٤) روبرت هـ. بيكر: عندما تطلع النجوم. ترجمة د. محمد فياض، مؤسسة فرانكلين للطباعة، بيروت، ١٩٦٣م.

(ب) المراجع الأجنبية

— Acker, A. et C., Jaschek., Astronomie ed., Masson, Paris 1980.

— Aller, L.H., Atoms, Stars and Nebulea, 2nd ed., Harvard University Press, Cambridge, 1971.

— Bok., B.J. and P.F., The Milky Way, 4th ed., Harvard University Press, Cambridge, 1974.

— Encyclopédie Scientifique de l'Univers, ed. Gautier — Villars, Paris.
Vol. I — La Terre — 1977
Vol. IV — L'Astronomie — 1980

— Gibson, E.G., The Quiet Sun, U.S.G. Printing Office, Washington D.C., 1973.

— Gingerich., O. (Editor), New Frontiers in Astronomy, Freeman San Francisco, 1975.

— Kopals., Z. The Solar System, Oxford University Press, London, 1973.

— Swihart., T.L., Journey Through the Universe, Hougton Mifflin Company, Boston 1978.
— Tarling, D.H., and M.P., Continental Drift, Penguins Books, 1975.
— Whipple, F.L., Earth, Moon and Planets, 3rd ed., Harvard University Press, Cambridge, 1974.

Periodicals:

— Geographical Magazine., Monthly Révue, Country and Sporting Pub. LTD., London 1979-1981.
— Sciences et Avenir, Revue Mensuelle, Paris 1980-1981.

